

INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE CICLO DE VIDA NAS PRÁTICAS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS, APLICAÇÃO A UM CASO PRÁTICO

ABÍLIO CAMPOS COUTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

Coorientador: Professor Doutor Isabel Maria Noronha de Resende
Horta e Costa

JULHO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A minha Mãe e Avó,
As mulheres mais importantes da minha vida, que tornam possível a realização dos meus
sonhos.

“Nenhum Vencedor Acredita no Acaso.”
Friedrich Wilhelm Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

Em especial ao Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa e a Professora Isabel Maria de Resende Horta e Costa, pelo tempo e ajuda prestada, bem como pela confiança que demonstraram no meu trabalho.

Aos meus amigos, pelo apoio e incentivos prestados em especial ao meu antigo professor de filosofia Carlos Castro Lopes.

Por fim a minha família por estarem sempre do meu lado nos bons e maus momentos, porque sem eles eu não sou nada.

RESUMO

A presente dissertação, descreve a evolução da indústria da construção civil no que se refere ao desenvolvimento sustentável ao longo dos tempos até aos dias de hoje, bem como a influência da sustentabilidade no contexto atual do mercado da construção. Este conceito tem por base a tripla dimensão do desenvolvimento sustentável (ambiental, social e económica), que procura conceber as construções e produtos, satisfazendo as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais.

No sector construção civil tem-se assistido ao desenvolvimento de sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade, tendo um papel importante nas várias fases do ciclo de vida das edificações, desde a conceção até a desativação (demolição), analisando de uma forma holística de igual forma os três pilares da sustentabilidade.

Estes sistemas aliados às ferramentas/software de avaliação dos materiais podem contribuir para a resolução de alguns problemas correntes, sendo eliminados antecipadamente por parte dos decisores, trazendo benefícios a vários níveis às construções.

Esta dissertação tem como objetivo analisar o desempenho ambiental de diferentes soluções construtivas usadas em paredes exteriores, analisando especificamente os materiais utilizados em cada solução. A dissertação recorre à metodologia avaliação ciclo de vida, analisando a informação contida nas declarações ambientais de produto das empresas fabricantes dos materiais. Como resultado da análise efetuada foi possível identificar as soluções mais sustentáveis do ponto de vista ambiental.

A realização desta dissertação tem como objetivo apresentar uma resposta para a melhoria da sustentabilidade na indústria da construção civil a vários níveis no sector.

Palavras-Chave: sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, construção sustentável, avaliação do ciclo de vida, sistemas e ferramentas de avaliação ciclo de vida, declarações ambientais do produto.

ABSTRACT

The present thesis describes the evolution of sustainability in the construction industry until today, as well as its influences in the current context of the construction market. This concept is based on the three dimensions of sustainable development (environmental, social and economic), which seeks to design buildings and products, satisfying human needs, while protecting and preserving the environmental quality and natural resources.

The construction sector has been demonstrating the development of sustainability evaluation and certification mechanisms, gaining an important role in each and every stage of a buildings life cycle, from conception to deactivation (demolition), making an holistic analysis based equally on the three pillars of sustainability. These systems allied with evaluation software tools of materials can contribute to solving some of nowadays common problems, allowing decision makers to avoid them in early stages and bringing benefits in every level of the construction process.

The case-study will analyse the environmental performance of various building materials that can be applied to an exterior wall, specifically analysing the materials used in each solution. Using a life cycle assessment (LCA), based on the information of the environmental product declarations (EPD) provided by manufacturing companies, thus obtaining the most sustainable solutions from an environmental point of view.

The outcome of this thesis has the goal of presenting an answer for improving sustainability in each sector of the construction industry.

KEYWORDS: sustainability, sustainable development, sustainable construction, life cycle assessment, assessment tools and systems life cycle, environmental product declarations.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. OBJETIVO	1
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	1
2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	3
2.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. INFLUÊNCIA DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	4
2.3. EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO DA CONSTRUÇÃO	5
2.4. METODOLOGIAS DE APOIO À AVALIAÇÃO	7
2.5. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	8
2.5.1. PEGADA ECOLÓGICA.....	9
2.5.2. PAINEL DE CONTROLO DA SUSTENTABILIDADE.....	9
2.5.3. BARÓMETRO DA SUSTENTABILIDADE	10
2.5.4. CÁLCULO DOS INDICADORES.....	11
3. SUSTENTABILIDADE NO CICLO DE VIDA DOS TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO	13
3.1. INTRODUÇÃO	13
3.2. FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES	15
3.2.1. FASE DE CONCEÇÃO	15
3.2.2. FASE DE CONSTRUÇÃO	16
3.2.3. FASE DE OPERAÇÃO	17
3.2.4. FASE DE DEMOLIÇÃO	17
3.3. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO.....	18
3.3.1. LIDERA	20

3.3.2. LEED	23
3.3.3. BREERAM	26
3.3.4. HQE	28
3.3.5. CEEQUAL	30
3.3.6. NABERS	33
3.3.7. GBC - SBTOL	35
3.3.8. CASBEE	40
3.3.9. DIFERENÇAS ENTRE OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO.....	44
3.4. NORMALIZAÇÃO	47
3.4.1. CEN	47
3.4.1.1. CEN/TC350 - Sustentabilidade das obras de construção	48
3.4.2. ISO	51
3.4.2.1. ISO/TC59/SC17 - Sustentabilidade do ambiente construído	52

4. METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (AVC)

4.1. METODOLOGIA ACV

4.1.1. INTRODUÇÃO	55
4.1.2. FASE DE AVALIAÇÃO	56

4.2. DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO (EPD)

4.3. FERRAMENTAS E SOFTWARE DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS

4.3.1. SIMA PRO	59
4.3.2. BEES	60
4.3.3. ATHENA	60
4.3.4. ECO QUANTUM	61
4.3.5. INVEST	62
4.3.6. LISA	62
4.3.7. ECOEFFET	63
4.3.8. GABI	64

5. CASO PRATICO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ACV	67
5.1. INTRODUÇÃO	67
5.2. PORMENORIZAÇÃO DO CASO PÁRTICO	67
5.2.1. INTRODUÇÃO	67
5.2.2. DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS	68
5.2.2.1. TOSCO	68
5.2.2.2. ACABAMENTOS	74
5.3. ANÁLISE E RESULTADOS DO CASO PRÁTICO	78
5.3.1. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO TOSCO	79
5.3.2. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO ACABAMENTO	79
5.3.3. PONDERAÇÕES UTILIZADAS E RESPETIVOS RESULTADOS OBTIDOS	82
5.3.4. SOLUÇÃO IDEAL PARA CONSTRUÇÃO DA PAREDE EXTERIOR	85
6. CONCLUSÃO	87
6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	87
6.2. CONSIDERAÇÕES REFERENTE AO TRABALHO PRATICO	88
6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	88
BIBLIOGRAFIA	90

ANEXOS

EXTRATO DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DOS PRODUTOS (EPD)

ANEXO I - BLOCO MACIÇO DE BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO

ANEXO II - BLOCO VAZADO DE BETÃO LEVE

ANEXO III - BLOCO MACIÇO DE ARGILA EXPANDIDA

ANEXO IV - BLOCO VAZADO DE ARGILA EXPANDIDA

ANEXO V - TIJOLO

ANEXO VI - PAREDE EM BETÃO ARMADO PRÉ-FABRICADA COM 200MM DE ESPESSURA

ANEXO VII - PAINÉIS HDF

ANEXO VIII - PAINÉIS OSB

ANEXO IX - PAINÉIS KLH C/ 320MM

ANEXO X - ETICS STOTHERM CLÁSSICO 2 C/ EPS PARA APLICAÇÃO EM BLOCO, TIJOLO E BETÃO

ANEXO XI - ETICS STOTHERM WOOD 2A, PARA APLICAÇÃO EM BLOCO, TIJOLO E BETÃO

ANEXO XII - ETICS STOTHERM MINERAL 1, PARA APLICAÇÃO EM BLOCO, TIJOLO E BETÃO

ANEXO XIII - ETICS STOTHERM CLÁSSICO 1 C/ EPS PARA APLICAÇÃO EM MADEIRA

ANEXO XIV - ETICS STOTHERM WOOD A, PARA APLICAÇÃO EM MADEIRA

ANEXO XV - ETICS STOTHERM MINERAL L PARA APLICAÇÃO EM MADEIRA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Tripla dimensão da sustentabilidade	3
Figura 2 - Vetores.....	5
Figura 3 - Construção Tradicional	6
Figura 4 - Construção Eco-Eficiente	6
Figura 5 - Construção Sustentável	7
Figura 6 - Possibilidade de intervenção Vs Custos	14
Figura 7 - Impactes ambientais no ciclo de vida das construções	14
Figura 8 - As 4 fases principais no ciclo de vida das construções	15
Figura 9 - Esquema de vertentes e áreas do Sistema LiderA	21
Figura 10 - Níveis de desempenho	21
Figura 11 - Ponderação (em percentagem) para as 22 áreas do Sistema LiderA	22
Figura 12 - Fases do empreendimento e aplicação da abordagem ao LiderA	23
Figura 13 - Sistemas de Avaliação LEED	24
Figura 14 - Categorias de créditos	24
Figura 15 - Níveis de certificação LEED	26
Figura 16 - Exemplo da ponderação das categorias LEED para novas construções	26
Figura 17 - Ponderação das áreas de avaliação BREEAM	27
Figura 18 - A classificação por estrelas de 1 a 5 estrelas	28
Figura 19 - Processo de Avaliação e Emissão do certificado de Sustentabilidade SBTool ^{PT}	39
Figura 20 - Divisão das categorias de avaliação	42
Figura 21 - Formula BEE	42
Figura 22 - Diagrama da eficiência ambiente (BEE)	43
Figura 23 - Folha de Pontuação	43
Figura 24 - Fases da ACV em cada uma das três variantes	56
Figura 25 - Processos que engloba cada Fase da ACV	57
Figura 26 - Fases da ACV do Software Athena	61
Figura 27 - Pormenorização da separação da parede exterior	67
Figura 28 - Blocos maciços de betão celular autoclavado	69
Figura 29 - Blocos vazados de betão	69
Figura 30 - Dimensões dos blocos em milímetros	70
Figura 31 - Bloco maciço de argila expandida	70

Figura 32 - Bloco vazados de argila expandida	71
Figura 33 - Tijolo	71
Figura 34 - Paredes pré-fabricas em betão armado	72
Figura 35 - Painéis HDF	72
Figura 36 - Painéis OSB	73
Figura 37 - Painéis KLH	73
Figura 38 - Pormenor do ETICS StoTherm clássico 2	75
Figura 39 - Pormenor do ETICS StoTherm Wood 2A	75
Figura 40 - Pormenor do ETICS StoTherm Mineral 1	76
Figura 41 - Pormenor do ETICS StoTherm clássico 1	77
Figura 42 - Pormenor do ETICS StoTherm Wood A	77
Figura 43 - Pormenor do ETICS StoTherm Mineral L	78
Figura 44 - Parede exterior com blocos vazados de betão com ETICS StoTherm Wood 2	85
Figura 45 - Parede exterior com painéis OSB com ETICS StoTherm Wood A	86

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Tabela 1 – Principais sistemas de avaliação	19
Tabela 2 – Ponderação CEEQUAL.....	32
Tabela 3 – Ponderação CEEQUAL.....	33
Tabela 4 – Ferramentas Nabers aplicadas aos tipos de construção Vs impactes ambientais	34
Tabela 5 – Classificação BEE	44
Tabela 6 – Resumo dos principais sistemas de avaliação	45
Tabela 7 – Síntese da CEN/TC350 - Sustentabilidade das obras de construção	51
Tabela 8 – Quadro síntese da ISO/TC59/SC17 - Sustentabilidade do ambiente construído.....	53
Tabela 9 – Impactes referidos nas EPD´s	58
Tabela 10 – Ferramentas/ Software AVC	59
Tabela 11 – Elementos analisados do tosco	68
Tabela 12 – Elementos analisados do acabamento	74
Tabela 13 – Resultados da EPD referente ao bloco, tijolo e betão armado pré-fabricado.....	79
Tabela 14 – Resultados da EPD referentes as madeiras.....	79
Tabela 15 – Resultados da EPD referentes a fase de produção.....	80
Tabela 16 – Resultados da EPD referentes a fase de construção	80
Tabela 17 – Resultados da EPD referentes a fase fim de vida	80
Tabela 18 – Resultados da EPD referente ao total de todas as fases	80
Tabela 19 – Resultados da EPD referentes a fase de produção.....	81
Tabela 20 – Resultados da EPD referentes a fase de construção	81
Tabela 21 – Resultados da EPD referentes a fase fim de vida	81
Tabela 22 – Resultados da EPD referente ao total de todas as fases	81
Tabela 23 – Conjunto de ponderações do software BEES.....	82
Tabela 24 – Conjunto de ponderações do software BEES mais indicadores energéticos.....	82
Tabela 25 – Resultados da ponderação aplicada ao grupo de blocos, tijolo e betão	83
Tabela 26 – Resultados da ponderação aplicada ao grupo das madeiras.....	83
Tabela 27 – Resultados da ponderação aplicada aos ETICS para o grupo de blocos, tijolo e betão...84	
Tabela 28 – Resultados da ponderação aplicada aos ETICS para o grupo de madeiras.....	84

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACV – Avaliação do ciclo de vida ou em inglês *Life cycle assessment*

EPD – Declaração ambiental do produto ou em inglês *environmental product declarations*

IDS - Índice de desenvolvimento sustentável ou em inglês SDI - *Sustainable Development Index*

IUCN - Unidade de Conservação Mundial ou em inglês *The World Conservation Unit*

IDRC - Centro de Pesquisas para o Desenvolvimento Internacional ou em inglês *The International Development Research Centre*

REN - Reserva Ecológica Nacional

RAN - Reserva Agrícola Nacional

EIA - Estudo de Impacte Ambiental

AIA - Avaliação dos Impactes Ambientais

LEED - *Leadership in Energy e Environmental Design*

BREEAM - *Building Research Environmental Assessment Method*

HQE - *Haute Qualitée Environmental*

CEEQUAL - *Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme*

NABERS - *National Australian Building Environmental Rating System*

GBC - *Green Building Challenge*

SBTOOL - *SUSTAINABLE BUILDING TOLL*

iiSBE - *International Initiative for the Sustainable Built Environment*

CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*

INVEST - *Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool*

CEN - *European Committee for Standardization*

EFTA - Associação Europeia de Comércio Livre

EN – Normas Europeias

PCR – Regras das Categorias dos Produtos ou em inglês *Product Categories Rules*

ISO - *International Organization for Standardization*

HDF – Fibra de madeira de alta densidade

OSB – Madeira orientada

KLH – Madeira Cross-laminado

ETICS - Isolamento térmico pelo exterior ou em ingles *External Thermal Insulation Composite Systems*

m² – Metro quadrado

m³ – Metro cubico

MJ - Mega Joule

kg - kilogram

CO₂ - Dióxido de carbono

CFC11 – cloro fluor carbonetos

SO₂ - Dióxido de Enxofre

PO₄ - Fosfato

Sb - antimônio

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

O tema desta dissertação está relacionado com a sustentabilidade na indústria da construção civil, ao longo do ciclo de vida das edificações.

A importância da integração da sustentabilidade na análise no ciclo de vida nas práticas de projeto, de forma a atingir o objetivo nas edificações e tendo por base as normas europeias e internacionais relacionadas com esta matéria.

Atualmente encontra-se disponível uma variadíssima quantidade de ferramentas e sistemas de avaliação da sustentabilidade, com o objetivo de avaliar todo o ciclo de vida das edificações, estes são apoiados por metodologias em constante evolução de modo a serem eficazes, transparentes e adaptáveis aos diferentes tipos de construções e à evolução tecnológica.

As empresas ligadas à indústria da construção civil devem olhar a sustentabilidade não como uma obrigação, mas como uma estratégia de afirmação num mercado cada vez mais competitivo.

1.2. OBJETIVOS

Com a realização deste trabalho pretende-se esclarecer e aprofundar o conhecimento nesta área com os objetivos principais:

- Aprofundar e esclarecer a sistematização do conhecimento no domínio da sustentabilidade aplicada à construção civil.
- Sistematizar as metodologias e ferramentas existentes, visando a avaliação da sustentabilidade dos mesmos trabalhos e verificar em que moldes funcionam os sistemas de certificação.
- Analisar a legislação aplicada a nível internacional e europeu referente à sustentabilidade.
- Aplicar a metodologia Análise Ciclo de Vida à fase de produção, construção e fim de vida dos materiais, disponíveis nas declarações ambientais dos produtos, numa forma quantificada e centrada para analisar diferentes soluções de paredes exteriores.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está estruturada e dividida em cinco capítulos, os quais vão ser sumariamente apresentados:

O Capítulo 1 apresenta formalmente o trabalho, fazendo um enquadramento geral do tema, apresenta os objetivos a que se pretende alcançar com a realização deste trabalho, bem como a estrutura do mesmo.

No Capítulo 2 analisa-se a influência e a evolução do pensamento da sustentabilidade na indústria da construção, as metodologias e os indicadores de apoio a avaliação.

O Capítulo 3 aborda a sustentabilidade ao longo do ciclo de vida nos trabalhos de construção. Para tal analisa-se todas as fases das construções, procede-se à descrição aprofundada dos métodos/sistemas de certificação, descrição da legislação europeia em vigor e internacional referente à sustentabilidade na construção.

No Capítulo 4 analisa-se ao pormenor aplicação da metodologia ACV nas diferentes fases de vida das edificações, com o objetivo de aplicar ao caso prático, procede-se a descrição aprofundada das ferramentas / software de apoio a ACV.

O capítulo 5 aborda o caso prático de uma parede exterior, aplicando a metodologia ACV, descrevem-se as soluções construtivas e os materiais usados, apresentam-se os resultados relativos aos impactos ambientais, determinados com base nas declarações ambientais dos produtos. A análise do caso de estudo possibilitou identificar as melhores soluções do ponto de vista da sustentabilidade ambiental.

No capítulo 6 são expostas as principais conclusões referentes a elaboração desta dissertação.

2

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade tem vindo a ser objeto de vulgarização e nem sempre utilizado da forma mais apropriada. Em finais da década de 70 do século passado assentava em preocupações economicistas e não tanto em preocupações ambientais. Já na década de 80 era vista numa ótica de deixar para as próximas gerações o planeta em condições de habitabilidade, existindo por conseguinte uma maior preocupação ambiental [1].

O conceito de sustentabilidade está cada vez mais presente no nosso quotidiano, o qual tem um conjunto de aspetos implícitos com a tripla dimensão da sustentabilidade, nomeadamente aspetos sociais, ambientais e económicos. Deve-se estimular o desenvolvimento sustentável e salvaguardar a convivência harmoniosa e o equilíbrio entre estas três dimensões.

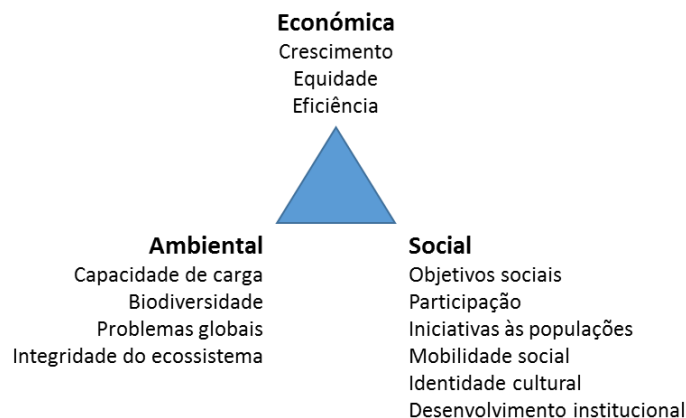


Figura 1 – Tripla dimensão da sustentabilidade

Atualmente a dimensão económica é a que apresenta maior desenvolvimento, relegando-se para segundo plano a dimensão social, e a nível da dimensão ambiental o desenvolvimento é bastante reduzido. Esta assimetria das três dimensões coloca seriamente em risco, a curto prazo, a sobrevivência das gerações futuras.

Por tal motivo a integração de medidas de defesa do ambiente na política económica é um dos objetivos do desenvolvimento sustentável. A satisfação das necessidades dos indivíduos nunca será conseguida sem um crescimento económico sustentado. A tomada de consciência da capacidade do planeta comportar as atividades humanas e a resultante procura de soluções para a resolução ou prevenção de problemas ambientais, terão obrigatoriamente de integrar políticas de desenvolvimento económico sustentável, garantindo que o ambiente não funciona como um entrave para a economia, mas sim como um estímulo para a mesma.

No entanto a satisfação das necessidades humanas não se resume à satisfação das necessidades básicas dos indivíduos, mas envolve também a educação, o lazer, um ambiente sadio, etc. É neste ponto que surgem as questões sociais. Enquanto nos países desenvolvidos as necessidades básicas dos indivíduos, e muitas das outras, estão já satisfeitas, noutros, tal ainda não acontece. É óbvio, também, que a procura da satisfação das necessidades nestes países acontece simultaneamente com o desenvolvimento económico.

A integração dos diversos fatores sociais pode resultar em diversos programas ambientais de sucesso. No entanto, se ignorados, estes podem funcionar como barreiras à adoção de programas ambientais bem estruturados, de que resultam custos elevados [2].

Assim pode-se concluir ao contrário da crença popular, não é apenas que o desenvolvimento pode ser sustentado, mas sim o objetivo contrário, o desenvolvimento que precisamos para atingir a meta da sustentabilidade, de tal forma que é de extrema importância a interligação dos três pilares da sustentabilidade de forma eficaz.

2.2. INFLUÊNCIA DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

A construção sustentável implica um pensamento holístico no que se refere a construção e gestão do espaço construído, tendo uma perspetiva de ciclo de vida. Isso implica não só projetos de construção ambientalmente orientadas, mas também novos procedimentos de operação e manutenção. Não deve ser apenas para materiais de construção e componentes que sejam produzidos de forma sustentável, mas seu uso deve também responder às novas exigências decorrentes dos pré-requisitos ambientais [3].

A importância da indústria da construção no cumprimento dos objetivos do desenvolvimento sustentável foi discutida pela primeira vez na conferência do Rio de Janeiro (Rio-92). Neste acontecimento foram discutidas as políticas que visavam o aumento de oportunidades às gerações futuras, através de uma nova estratégia ambiental direcionada à produção de construções melhor adaptadas ao meio ambiente e à exigência dos seus utilizadores [4].

A designação “ construção sustentável” foi pela primeira vez referido pelo professor Charles Kibert (1994) para descrever as responsabilidades e objetivos da indústria construtora no que respeita a sustentabilidade:

"Sustainable construction is the responsible creation and management of an healthy built environment, based on the efficient use of the resources and on the ecological principles"

Charles kibert, 1994

O objetivo da indústria da construção é a realização de um produto que satisfaça a funcionalidade requerida pelo dono da obra, com as necessárias condições de segurança para o efeito das ações tanto

naturais como humanas e com características de durabilidade que permitam a redução da deterioração ao longo do seu ciclo de vida. Os materiais devem ainda ser compatível com os interesses económicos do dono de obra, ser esteticamente agradável e compatível com a sua envolvente, e traduzir o menor impacte ambiental possível (ver figura 2). Só com o equilíbrio entre estes vetores, que deverá ser alcançado utilizando o bom senso e os conhecimentos tecnológicos dos diversos intervenientes da construção, se conseguirão realizar construções que sejam efetivamente compatíveis com as necessidades humanas do futuro.

De todos estes seis vetores, aquele que indubitavelmente ocupa primordial importância no mercado da construção nacional é o económico, sendo menosprezados os vetores da durabilidade e do impacte ambiental. A indústria da construção, com a configuração atual, apresenta uma grande quota-parte na responsabilidade da degradação do meio ambiente. No entanto, atendendo a demora do desenvolvimento tecnológico desta indústria, esta apresenta grandes potencialidades ao nível da redução do seu impacte ambiental. A introdução de novas tecnologias que permitam aumentar a compatibilização deste sector com os desígnios do desenvolvimento sustentável, é um dos caminhos a seguir [5].

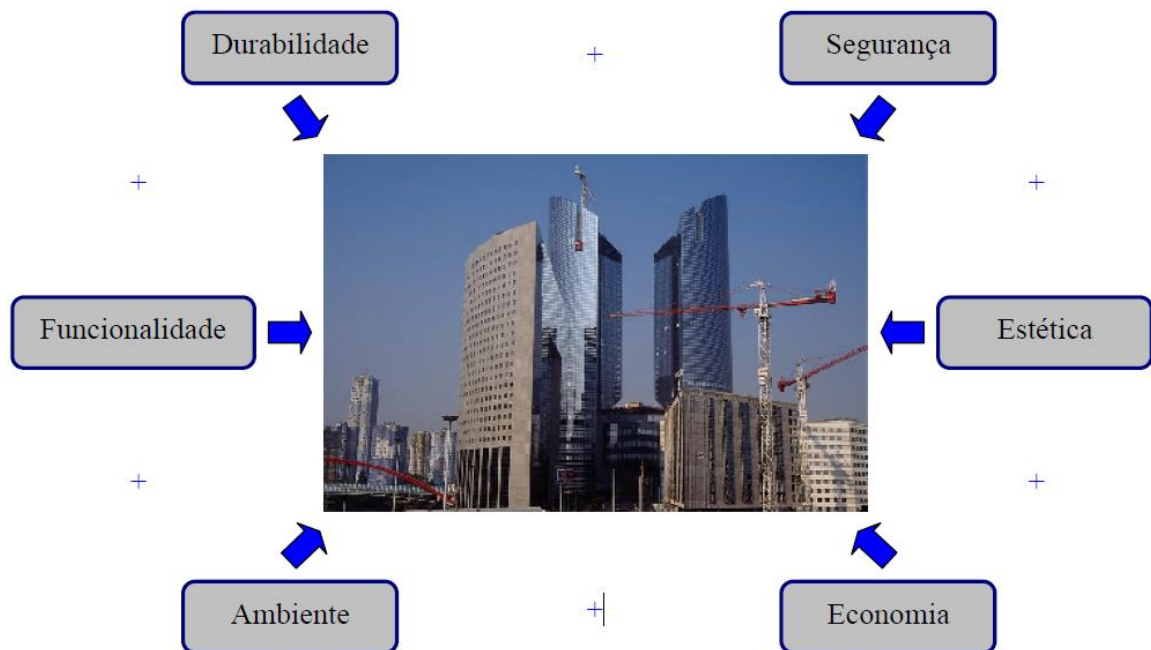


Figura 2 – Vetores [5]

2.3. EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO DA CONSTRUÇÃO

A construção tradicional seguia uma linha de pensamento que somente considerava os parâmetros da qualidade, tempo e custos como mostra a Figura 3. Tradicionalmente, uma construção só era competitiva se tivesse o nível de qualidade exigido pelo projeto, se utilizasse sistemas construtivos que optimizassem a produtividade durante a fase de construção e que, por conseguinte, conduzissem à diminuição do período de construção, permitindo uma maior rapidez na recuperação de investimento. Tudo isto, sem alterar significativamente os custos da construção [5].

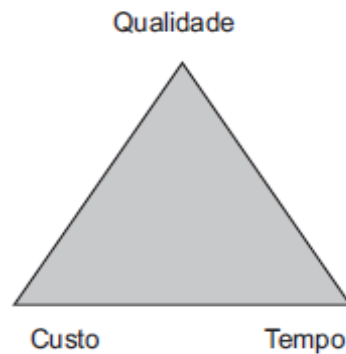


Figura 3 – Construção Tradicional [2]

Mais tarde, com a introdução das preocupações ambientais, o conceito de qualidade na construção passou a abranger os aspetos relacionados com a qualidade ambiental. Surge assim a construção eco-eficiente, também conhecida por construção ecológica ou por construção “verde”. A construção eco-eficiente traduz-se em construir com impacte ambiental mínimo, e se possível, construir para conseguir o efeito oposto, isto é, criar edifícios que beneficiem o meio ambiente, por exemplo, através da restauração de edifícios ou de outro tipo de construções, por outros com efeitos menos perniciosos sobre o meio ambiente. Em suma, com a construção eco-eficiente, pretende-se que o meio construído se integre em todos os aspetos dos sistemas ecológicos (ecossistemas) da biosfera durante todo o seu ciclo de vida Figura 4.

O conceito de construção eco-eficiente tem sido muitas vezes associado à mera diminuição dos consumos energéticos nos edifícios, sendo por isso confundido com o conceito de arquitetura bioclimática. O conceito de construção eco-eficiente é no entanto mais abrangente, por incluir preocupações ao nível da redução da delapidação dos recursos naturais, da produção de resíduos e emissão de gases poluentes nocivos aos ecossistemas e à saúde humana, e ao nível da conservação da biodiversidade [5].

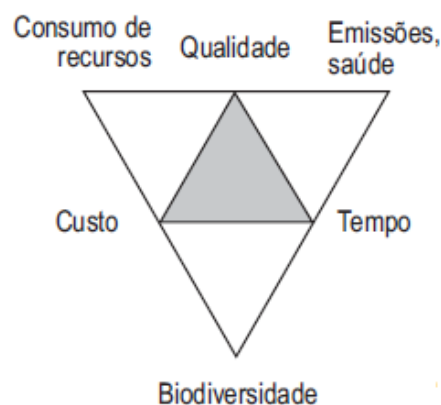


Figura 4 – Construção Eco-Eficiente [2]

Integrando os princípios da eco-eficiência com as condicionantes económicas, a equidade social e o legado cultural (introduzindo um novo aspeto ao nível do conceito “tempo”), estamos na presença das três dimensões da construção sustentável como é retratado na Figura 5.

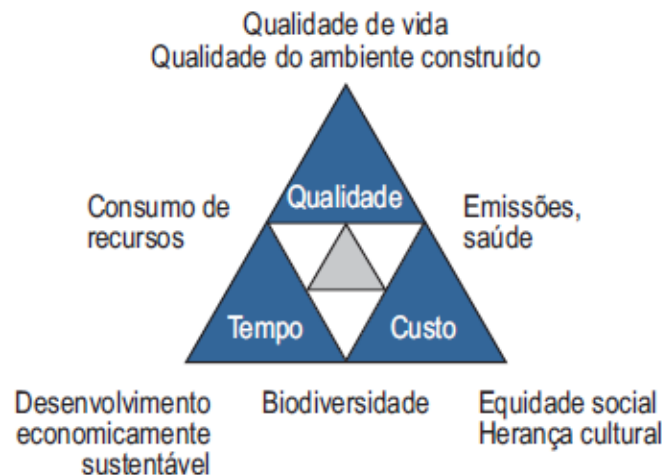


Figura 5 – Construção Sustentável [2]

Nesta abordagem, o papel dos vários agentes é decisivo, incluindo o sector da extração dos materiais, o da construção, os clientes das estruturas edificadas, os gestores e os responsáveis da manutenção. Pode, assim, dizer-se que este novo modo de conceber a construção procura satisfazer as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais [2].

2.4. METODOLOGIAS DE APOIO À AVALIAÇÃO

Uma construção só pode ser considerada sustentável quando as diversas dimensões do desenvolvimento sustentável – ambiental, económica, social e cultural – são ponderadas durante a fase de projeto. Para além de se considerarem parâmetros ao nível da escala do edifício, também se podem considerar parâmetros que avaliem a interação do edifício com o meio em que este está implantado. Normalmente, os parâmetros que servem de apoio à avaliação da sustentabilidade estão relacionados de uma forma ou doutra com os seguintes objetivos: redução da utilização de energia e materiais não renováveis; redução do consumo de água; redução da produção de emissões, resíduos e outros poluentes. Nas diferentes metodologias de avaliação da sustentabilidade, normalmente é possível identificar os seguintes objetivos: otimização do potencial do local, preservação da identidade regional e cultural, minimização do consumo de energia, proteção e conservação dos recursos de água, utilização de materiais e produtos de baixo impacto ambiental, adequada qualidade do ambiente interior e otimização das fases de operação e manutenção.

O objetivo da avaliação da sustentabilidade é reunir dados e reportar informação que servirá de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício. A pontuação sustentável e o perfil sustentável de um edifício resultam dum processo no qual os fatores mais importantes são identificados, analisados e avaliados. Atualmente, podem ser identificadas duas tendências antagónicas no contexto das ferramentas de avaliação: de um lado a complexidade e a diversidade de indicadores desenvolvidos por diferentes entidades e do outro, a evolução no sentido da sua efetiva implementação, através do desenvolvimento de indicadores comuns e simplificação do processo de avaliação [6].

O desenvolvimento de métodos de avaliação da sustentabilidade e respetivas ferramentas é um desafio não só para as academias, como também para a indústria. Atualmente, existe uma variedade de ferramentas no mercado da construção que têm sido utilizadas na avaliação da construção sustentável e/ou no apoio à conceção sustentável. Existem também ferramentas baseadas nos sistemas Análise de

Ciclo de Vida (ACV) que foram especialmente desenvolvidas de modo a abranger os edifícios no seu todo. A maioria das ferramentas está desenvolvida numa abordagem bottom top, isto é, a soma e combinação do desempenho dos diversos materiais e componentes do edifício resultam em grande parte no desempenho global do mesmo, apesar de se considerar o edifício no seu todo, incluindo as necessidades energéticas. Também se encontram disponíveis algumas ferramentas que servem de suporte aos processos de decisão nas fases de anteprojeto, de modo a que os projetistas recebam os dados necessários para que concebam edifícios de elevado desempenho.

As ferramentas estão a sofrer uma constante evolução para que sejam corrigidas as suas diversas limitações. Atualmente, o principal objetivo é desenvolver e implementar uma metodologia consensual que sirva de suporte à conceção de edifícios sustentáveis, que seja ao mesmo tempo prática, transparente e suficientemente flexível, para que possa ser facilmente adaptada aos diferentes tipos de edifícios e à constante evolução tecnológica que se verifica no domínio da construção. Existem inúmeros países que têm ou que se encontram a desenvolver sistemas próprios de avaliação da sustentabilidade, pelo que as trocas de conhecimento e a coordenação internacional se encontram a crescer exponencialmente.

Na avaliação da sustentabilidade da construção existem algumas dificuldades que estão relacionadas com as características particulares desta indústria, salientando-se sobretudo os seguintes aspetos: multidisciplinaridade; processo de produção e produto final são sempre diferentes; durabilidade muito variável; o desempenho dos seus produtos é muito dependente dos seus utilizadores, etc.

Em resultado das dificuldades supracitadas, não existe atualmente uma metodologia que seja internacionalmente aceite. Devido a importância do sector dos edifícios, é neste sector que tem incidido a maior parte da investigação que se têm realizado neste domínio. Os diferentes métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios encontram-se orientados para diferentes escalas de análise: material de construção, produto de construção, elemento de construção, zona independente, edifício e local de implantação. Analisando o objetivo das diferentes metodologias e ferramentas existentes é possível distinguir três diferentes tipos [6] :

- Ferramentas de suporte à conceção de edifícios sustentáveis (*Performance Based Design*);
- Sistemas de análise do ciclo de vida (LCA) dos produtos e materiais de construção;
- Sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável.

2.5. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A construção sustentável tem por base uma série de indicadores e parâmetros que se enquadram nas diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. A utilização de metodologias que avaliassem a sustentabilidade dos edifícios através da análise de todos esses parâmetros constituiria um processo moroso que desencorajaria a utilização dessas metodologias, o que colocaria em causa a prossecução dos seus objetivos. Deste modo, as metodologias existentes abordam a sustentabilidade de uma forma holística, baseando a avaliação nos indicadores e parâmetros que são considerados mais representativos nos objetivos da avaliação. Um indicador permite avaliar o comportamento de uma solução face a um ou mais objetivos do desenvolvimento sustentável e um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenómeno, ambiente ou área [6].

Desde os anos 90 surgiram vários indicadores de sustentabilidade desenvolvidos para avaliar o progresso social para a sustentabilidade. Estes novos indicadores adicionaram a dimensão ambiental, cultural, e espacial aos tradicionais indicadores económicos e sociais, aumentando a capacidade dos agentes públicos de aferirem a evolução do desenvolvimento.

A cada dia novos indicadores de sustentabilidade são elaborados e testados. A elaboração e utilização correta destes indicadores dependem do entendimento de como estas ferramentas são construídas. Estes indicadores só serão verdadeiramente úteis se sua construção e aplicação forem eficientes, e se estes instrumentos forem válidos e fidedignos. Um entendimento mais aprofundado da elaboração e aplicação de indicadores de sustentabilidade aumentaria a probabilidade da adoção de política pública de cunho verdadeiramente sustentável.

Sendo a Pegada Ecológica (*Ecological footprint*), Painel de Controlo da Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability*) e o Barómetro da Sustentabilidade (*Barometer of Sustainability*) considerados os indicadores mais relevantes a nível internacional.

2.5.1. PEGADA ECOLÓGICA

Este é o indicador de sustentabilidade mais citado pelos especialistas e foi desenvolvido por Wackernagel e Rees (1996) no trabalho "*Our Ecological Footprint*". Este trabalho foi considerado pioneiro na elaboração de indicadores de sustentabilidade, marca desta forma o início de uma fase de produção intensa de indicadores de sustentabilidade. A grande quantidade de informações que o método consegue manipular, e suas várias possíveis aplicações justificam o grande interesse sobre esta ferramenta.

A pegada ecológica representa o espaço ecológico necessário para sustentar um sistema ou unidade, ou, em outras palavras, a capacidade de carga do sistema. A ferramenta também tem um apelo educativo, contribuindo para a conscientização da sociedade sobre os problemas ambientais.

O método calcula a área necessária para manter uma determinada população ou sistema económico baseado em dados relativos à energia e recursos naturais, bem como a capacidade de absorção de resíduos do sistema.

Para que haja uma padronização dos dados usados, as estimativas geralmente utilizam médias nacionais de consumo e médias mundiais de produtividade. É através deste indicador que se podem vislumbrar os padrões de consumo e produtividade, tornando-se essencial na elaboração de modelos de gestão. Este indicador explora a relação entre a sociedade e o meio ambiente. O elo entre o indicador e a sustentabilidade é a capacidade de carga do sistema, ou seja, a utilização estratégica do capital natural. O indicador considera que para alcançar a sustentabilidade, um sistema precisa levar em consideração o tempo e a capacidade de regeneração dos ecossistemas. A principal vantagem do sistema é a sua capacidade de adaptação às condições locais. Alguns críticos consideram este indicador demasiadamente genérico e pouco científico, outros críticos acusam o modelo de ser estático, dando apenas uma representação do presente, e incapaz de projetar o futuro do sistema.

Apesar das críticas, é uma das principais ferramentas de avaliação da sustentabilidade de um sistema, utilizada em vários países e sob diversas circunstâncias. Os elaboradores da ferramenta estão continuamente modificando e melhorando este indicador para reduzir suas limitações [7].

2.5.2. PAINEL DE CONTROLO DA SUSTENTABILIDADE

Este indicador evoluiu do trabalho em conjunto de dois importantes grupos ligado à sustentabilidade e indicadores no fim dos anos 1990. O *Consultative Group on Sustainable Development Indicators*, criado em 1996 para promover a cooperação entre instituições e indivíduos que trabalham com indicadores de sustentabilidade. Em 1999 o *Consultative Group* aliou-se ao *Bellagio Fórum for Sustainable Development* e desta colaboração surgiu o indicador *Dashboard of Sustainability*.

Este indicador é constituído de medidas agregadas em três dimensões da sustentabilidade ao nível económico, social e ambiental. Com base na média das três vertentes calcula-se o IDS Índice de Desenvolvimento Sustentável (*Sustainable Development Index – SDI*). De acordo com seus idealizadores, é um indicador que resume as características de um sistema ou realçam algum ponto deste sistema.

Para a construção do indicador a equipe primeiramente examinou quais os indicadores que poderiam ser usados e selecionou aqueles que tiveram a melhor performance e a maior importância para o modelo. O desempenho dos índices é representado por cores que variam do verde ao vermelho para cada dimensão. O desempenho de cada índice foi medido pelo tamanho de cada um dos índices relativo aos outros índices da dimensão. A agregação dos itens em uma dimensão representa o índice relativo desta dimensão. Todos os índices de cada dimensão possuem valores iguais e os três índices contribuem igualmente para o cálculo do índice geral de sustentabilidade (SDI). O *Dashboard of Sustainability* pode ser usado tanto para comparar nações como regiões e áreas urbanas.

A grande dificuldade em avaliar a sustentabilidade de um sistema é o desafio de investigar não somente cada dimensão envolvida, mas também como estas dimensões interagem para determinar a sustentabilidade do sistema. Esta interação entre as dimensões económica, social, e ambiental aumentam a complexidade do sistema, e desafia aqueles que pretendem mensurar a sustentabilidade do desenvolvimento. Os autores do indicador ressaltam que foi desenvolvido para avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento levando em consideração as interações entre as dimensões do desenvolvimento sustentável. Até então os indicadores de sustentabilidade levavam em consideração as dimensões do desenvolvimento sustentável separadamente. Neste aspeto o indicador é um avanço com relação aos indicadores existentes [7].

2.5.3. BARÓMETRO DA SUSTENTABILIDADE

O barómetro da sustentabilidade foi desenvolvido para auxiliar instituições governamentais, não-governamentais e indivíduos que trabalhem na área do desenvolvimento sustentável a nível nacional, regional, e/ou urbano. Esta ferramenta foi desenvolvida pela unidade de conservação mundial (IUCN) e o Centro de Pesquisas para o Desenvolvimento Internacional (IDRC) visando principalmente a avaliação da sustentabilidade de um sistema económico.

Esta ferramenta permite a combinação de indicadores e chega aos seus resultados por meio de índices. A principal característica é a capacidade de agregar indicadores, utilizando muitos dados, por vezes contraditórios. Como as medidas dos indicadores nem sempre são representadas nas mesmas unidades de medida, ameaçando a coerência do indicador, os autores utilizaram uma escala de desempenho para combinar os índices de cada dimensão. Uma escala de desempenho avalia a importância de cada índice para o indicador baseado nos outros índices existentes. Indicadores de desempenho bom ou ótimo são selecionados enquanto índices ruins ou péssimos são eliminados do modelo. Desta forma, o barómetro da sustentabilidade mede os aspetos mais representativos do sistema através de indicadores do meio ambiente e do bem-estar da sociedade.

Para os criadores do barómetro da sustentabilidade, o conceito do desenvolvimento sustentável pode ser entendido através de quatro etapas interligadas [7] :

- a) Globalidade: as pessoas fazem parte do ecossistema, e as pessoas e o ecossistema devem ser considerados conjuntamente e ter igual importância no modelo de sustentabilidade.

- b) Levantamento de Questões: Devido à falta de conhecimento sobre as relações entre as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, deve-se levantar questões relevantes que possam esclarecer a natureza e a intensidade destas interações.
- c) Instituições Reflexivas: O contexto institucional das questões a serem analisadas exige uma abordagem conjunta de todas as pessoas envolvidas na elaboração do indicador.
- d) Foco nas Pessoas: Ao elaborar o indicador devem-se levar em consideração que as pessoas são as fontes tanto dos problemas quanto de suas soluções. O indicador deve fornecer informações que possibilitem a motivação e a influência das pessoas.

A principal vantagem deste indicador é sua abordagem holística, que integra o bem-estar humano com o meio ambiente. É um meio excelente de apresentação gráfica do desenvolvimento sustentável, além de permitir uma abordagem comparativa [7].

2.5.4. CALCULO DOS INDICADORES

Os três indicadores de sustentabilidade descritos, pegada ecológica, painel de controlo e barómetro da sustentabilidade, apresentam características semelhantes, como a integração das dimensões de sustentabilidade, a adjunção de índices para formar um indicador composto, e a capacidade de interpretação de informações diversas. Todos os indicadores buscam mensurar a sustentabilidade de um sistema, baseado em índices de diversas variáveis, por estarem associadas às dimensões da sustentabilidade, apontam para a sustentabilidade ou não de uma região.

Apesar da homogeneidade, cada indicador tem um objetivo específico que os distingue.

No caso da pegada ecológica, a ferramenta equaciona a sustentabilidade à capacidade de recuperação do ecossistema, criando os limites da sustentabilidade para uma determinada região. Já o painel de controlo da sustentabilidade utiliza-se de indicadores em três áreas consideradas críticas: a económica, a social, e a ambiental. Como todas as três dimensões recebem pesos iguais na elaboração do indicador, esta ferramenta apoiando-se na tripla dimensão da sustentabilidade. Finalmente, o barómetro da sustentabilidade auxilia a tomada de decisões por parte de agentes de desenvolvimento, apoiado na composição de várias variáveis e fazendo uso de uma escala de desempenho que padroniza as medições de todos [7].

3

SUSTENTABILIDADE NO CICLO DE VIDA DOS TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

A construção é uma atividade característica comum a toda civilização. Edifícios, estradas, pontes, aquedutos e barragens, por exemplo, evidenciam uma forma de organização e de procura de melhores condições de vida entre outras.

A otimização dos modos de conceção, construção, renovação e demolição dos edifícios e do ambiente construído pode permitir melhorias significativas no desempenho ambiental e económico dos espaços edificados e na qualidade de vida dos cidadãos [2].

A sustentabilidade em edificações tem como objetivo eliminar os impactos negativos sociais e ambientais de todo o seu ciclo de vida. Isso já indica a complexidade desta iniciativa [8].

Com relação aos aspetos ambientais de sustentabilidade ligados à construção sustentável, podem ser apontados aqueles citados pelos principais sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificação de edifícios [8]:

- Qualidade da implantação;
- Gestão do uso da água;
- Gestão do uso de energia;
- Gestão de materiais e (redução de) resíduos;
- Prevenção de poluição;
- Gestão ambiental (do processo);
- Gestão da qualidade do ambiente interno;
- Qualidade dos serviços;
- Desempenho económico;

Todos os aspetos apresentados manifestam-se em todas as fases do ciclo de vida das edificações. Devido à necessidade de melhoramento das construções torna-se indispensável analisar e eliminar se possível todos estes aspetos negativos, traduzindo-se numa melhoria dos três pilares da sustentabilidade.

Altera-se desta forma o pensamento anterior que se focava essencialmente na fase de construção, no qual se verifica totalmente errado, com menor investimento e maior facilidade de intervenção na fase de conceção (ideia, projeto) obtemos com maior facilidade o objetivo final que é a sustentabilidade das construções. Por estes motivos é essencial ter uma visão ampla das fases do ciclo de vida das construções.

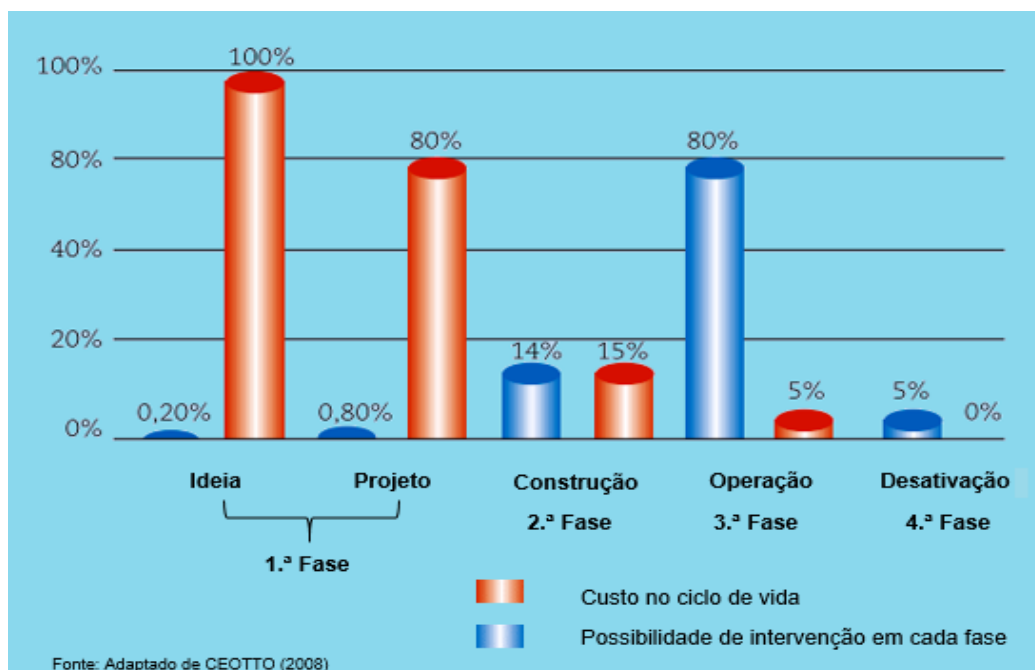


Figura 6 – Possibilidade de intervenção Vs Custos

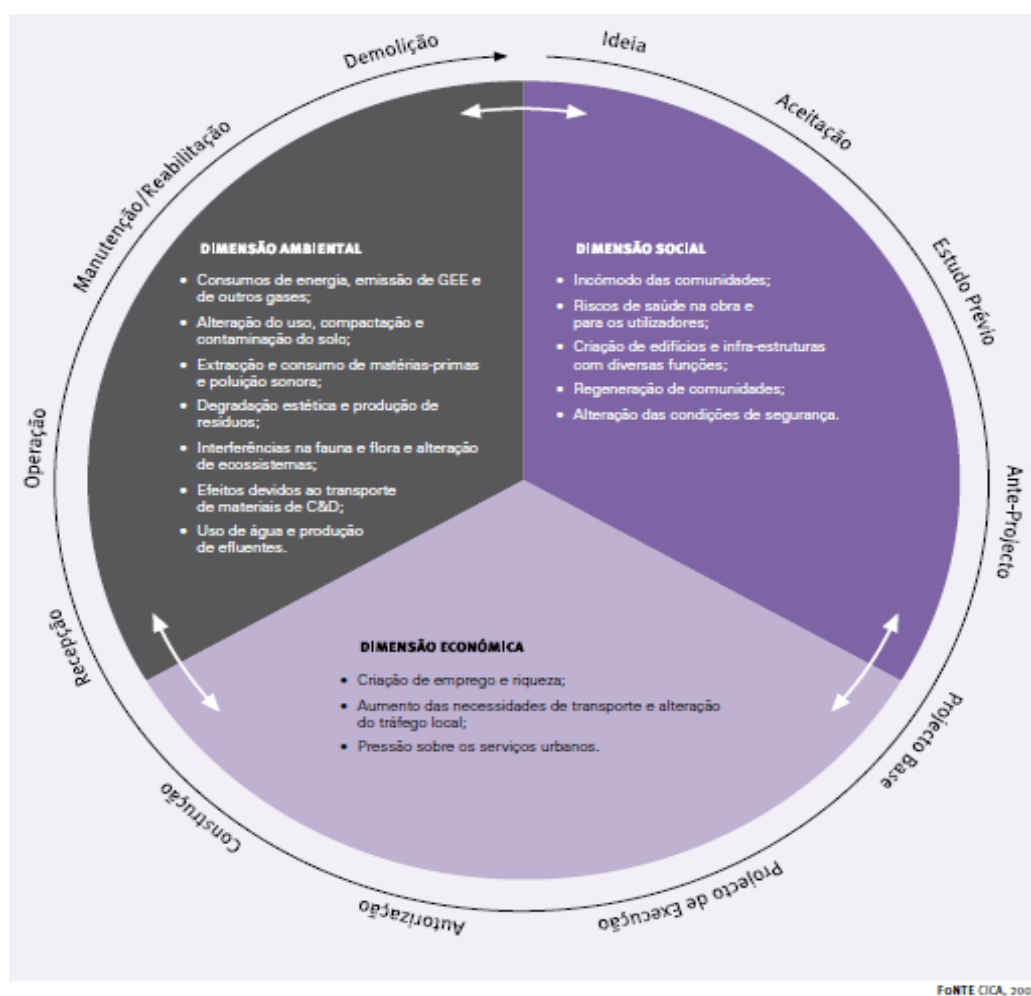


Figura 7 – Impactes ambientais no ciclo de vida das construções

A fase de construção está, no geral, associada a períodos mais reduzidos (meses), face à fase de operação (anos). Refira-se que a maioria das infraestruturas e edifícios projetados na atualidade tem um tempo de vida superior a 40 anos e alguns dos edifícios e estruturas existentes podem ultrapassar, ou já ultrapassam, os 100 anos. Isto significa que as estruturas construídas têm impactes com efeitos muito duradouros, quer a nível dos consumos, quer na acumulação dos materiais, quer ao nível das emissões e cargas poluentes, cujos efeitos ambientais importa considerar.

Nesse contexto, os efeitos ambientais das atividades construtivas decorrem não só do ato de construir, mas também da operação das estruturas construídas (incluindo a sua manutenção) e até da sua desativação (cada vez mais referida como "desconstrução"), sendo os seus efeitos (impactes) diferenciados em cada uma das fases consideradas [2].

3.2. FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES

Ciclo de vida é o conceito que trata de todas as etapas ligadas a um produto, desde a extração de suas matérias-primas até sua disposição final, ilustrado como processo do nascimento ao túmulo [8].

O ciclo de vida de edificações é geralmente dividido em 4 fases principais:

1. Conceção (Ideia, Aceitação, Estudo Prévio, Anteprojeto, Projeto Base, Projeto de Execução e Autorização);
2. Construção (Construção e Receção);
3. Operação (Manutenção/Reabilitação);
4. Desativação (Demolição).

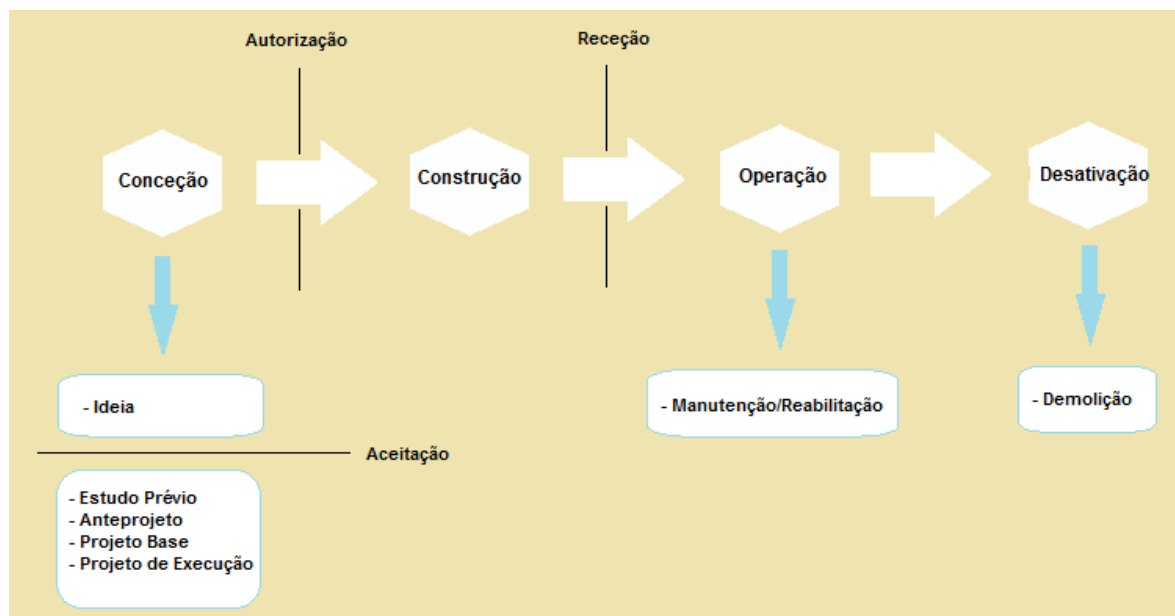


Figura 8 – As 4 fases principais no ciclo de vida das construções

3.2.1. FASE DE CONCEÇÃO

A fase de conceção é de extrema relevância para a sustentabilidade do empreendimento ao longo do ciclo de vida das construções, pois é nesta fase que se tomam as principais decisões que influenciam as restantes, aumentando o seu desempenho referente aos 3 pilares da sustentabilidade.

Esta consiste inicialmente em verificar se todas as ideias do dono de obra para o empreendimento são viáveis, para tal realiza-se uma análise de todas as condicionantes inerentes à realização do projeto, desde a viabilidade económica favorável ao investimento, restrições regulamentares, análise das necessidades do usuário entre outras.

Referentes às restrições regulamentares, deve-se verificar a nível municipal toda a documentação em vigor, com relevância Plano Municipal de Ordenamento e Plano Diretor Municipal as principais restrições ao nível de traçado, localização, ocupação do solo e o tipo de construções possível de realizar nos terrenos entre outras. A nível nacional destaca-se Reservas Ecológicas Nacionais (REN) e Reservas Agrícolas Nacionais (RAN), no qual estipulam as zonas protegidas, espécies e habitats.

Na etapa de execução do Projeto inclui-se o Estudo Prévio, Anteprojecto, Projeto Base e o Projeto de Execução.

Esta fase é, provavelmente, a mais importante do processo, pois é nesta altura que se tomam as principais decisões referentes ao local, à conceção, aos fornecedores, aos materiais a utilizar, às necessidades energéticas e de água e outras, cujas consequências se irão refletir nas restantes fases do ciclo de vida da construção. Deste modo, é nesta fase que se tomam as principais decisões a que muitos dos impactes ambientais, que ocorrem posteriormente, estão associados e são, essencialmente, provocados nas outras fases [2].

Nesta fase, dependendo do tipo de atividade a que se destina a construção, poderá ser necessário realizar segundo a lei um Estudo de Impactes Ambientais (EIA) bem como o respetivo processo de Avaliação dos Impactes Ambientais (AIA).

Em síntese, a importância desta fase de conceção, associa-se à tomada de decisões, que podem levar a uma conceção com a preocupação de reduzir os impactes da construção e da operação, quer a nível dos materiais, quer a nível energético. É a fase decisiva para os eventuais impactes futuros, começando pelo solo [2].

3.2.2. FASE DE CONSTRUÇÃO

Na fase de construção incluem-se todas as ações que vão desde o concurso e o início da construção, propriamente dita, até à receção da obra por parte do proprietário, numa escala temporal que pode ir de dias a alguns anos, embora a unidade de referência sejam os meses. Na fase de construção a atenção recai, sobretudo, sobre a forma de desenvolvimento do processo construtivo, sendo esta associada, essencialmente, à intervenção no local, com alteração do uso do solo, consumo de matérias-primas, energia e água e alterações nos ambientes natural e/ou construído.

Para execução das construções, torna-se necessário extrair e consumir matérias-primas. Esta fase (e a fase de renovação) é dominante no que se refere à necessidade de materiais na construção. Os impactes da extração, ou transformação, são também importantes, ainda que, na maior parte dos casos, sejam da responsabilidade da indústria produtora, pois não são específicos do sector da construção. No caso das estruturas edificadas estima-se que o impacto devido aos materiais represente cerca de 10-20% do impacto de um edifício, em todo o seu ciclo de vida.

Os materiais não aproveitados nas novas construções originam a produção de resíduos, que cresce no caso de a obra ser uma demolição. O tipo de materiais e resíduos produzidos (inertes ou não) e a forma de desenvolvimento de obra (com maior ou menor triagem), podem contribuir para o aproveitamento dos resíduos ou podem resultar no envio destes para aterro ou vazadouro, ou para a respetiva reutilização e/ou valorização, contribuindo, neste último caso, para diminuir o respetivo impacto. Em França 10% dos resíduos da atividade provêm da fase de construção de um edifício [2].

A existência de materiais combustíveis e outros produtos perigosos na obra, no seu transporte e a utilização de equipamentos, se não forem devidamente armazenados ou controlados, podem originar descargas e contaminação dos solos, embora de forma pontual. As atividades construtivas consomem água anualmente e produzem efluentes que, se não forem adequadamente tratados, podem ter efeitos ambientais importantes nos meios hídricos. As atividades construtivas necessitam de energia e, consequentemente, produzem emissões, aumentam a necessidade de transportes (devido ao transporte de materiais de construção), o que por sua vez aumenta o tráfego, o consumo de combustível e as emissões atmosféricas, cria poluição acústica e vibrações e provoca a degradação estética do local.

A criação de zonas impermeabilizadas aumenta a escorrência superficial em função da área impermeabilizada, originando uma maior drenagem e um aumento da probabilidade de cheias a jusante.

As atividades construtivas nas zonas de ambientes naturais, ou na sua proximidade, ao serem intrusivas, provocam claramente interferências na fauna e na flora e alterações na dinâmica dos ecossistemas. As obras em si mesmo, em ambientes construídos, traduzem-se em interferências e incómodos para as comunidades, nomeadamente alterações no tráfego local (devido à circulação dos veículos de e para a obra e possivelmente devido a alterações do traçado das vias rodoviárias) e alterações das condições de segurança.

A fase de construção é, claramente, a que induz impactes mais relevantes e alterações mais significativas, em curtos períodos de tempo, nos sistemas ambientais, em termos de ocupação de solo e alteração dos ecossistemas e paisagem. Em particular, deve ser enfatizado que, num período curto, esta fase gera alterações muito relevantes [2].

3.2.3. FASE DE OPERAÇÃO

A fase de operação estende-se desde a utilização corrente da obra por parte do proprietário até ao fim da utilização do empreendimento. Nesta podem incluir-se, também, as operações de manutenção e renovações pontuais. A manutenção é uma atividade fundamental, compreendendo a execução de atividades, incluindo construtivas, que devem ter um carácter periódico e preventivo.

Os impactes relevantes associados ao empreendimento edificado, decorrentes da sua operação, resultam: no consumo de energia, de água e de materiais e na produção de resíduos, de efluentes e de emissões atmosféricas, com consequentes impactes diretos.

O consumo de materiais para o funcionamento nos edifícios é uma componente importante. Os edifícios funcionam como armazenamento de materiais, decorrentes do facto de as estruturas construídas acumularem uma importante parte dos materiais extraídos, por períodos alargados (dezenas de anos) [2].

Nesta fase é essencial garantir que todos os aspetos analisados e evidenciado anteriormente nas fases antecedentes sejam garantidos de forma que o empreendimento seja sustentável, desde a qualidade do ar, ruído, emissões atmosféricas, consumo de energia, de água e de materiais, efluentes, e um grande controlo dos resíduos de forma a minimizar ou eliminar se possível todos os impactes que influenciem os três pilares da sustentabilidade.

3.2.4. FASE DE DEMOLIÇÃO

A fase de demolição consiste na desativação e remoção de todo o edifício construído o que origina um importante acréscimo de produção de resíduos.

Os restantes impactes são, no geral, mais reduzidos no que se refere ao consumo de materiais, existindo, contudo, impactes importantes ao nível da energia, das emissões (nomeadamente, de ruído e vibrações) e, em especial, nos resíduos (embora a nível nacional o seu valor seja, por enquanto, reduzido).

Os impactes dependem da forma como a intervenção é efetuada e da presença, ou não, de uma perspetiva de reutilização, ou reciclagem, dos resíduos produzidos, atenuando-se assim as necessidades de vazadouros e conduzindo a uma menor procura de novos materiais, não deixando, no entanto, de existir consumos de energia e, pontualmente, emissões na reciclagem de produtos de demolição [2].

3.3. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

A partir da década de noventa alguns países e empresas desenvolveram sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção.

O primeiro sinal da necessidade de avaliar o desempenho ambiental das construções veio do facto de se constatar que mesmo nos países mais desenvolvidos nesta matéria não possuíam meios eficazes para desenvolver projetos ecológicos “projetos verdes”, o qual se comprovou na prática uns anos mais tarde, com os resultados obtidos nas construções realizadas.

O segundo grande impulso ocorreu devido à necessidade de elevar para outro nível o desempenho ambiental das construções, os pesquisadores em conjunto com as instituições governamentais criaram uma classificação para associar aos sistemas de certificação, de forma a permitir identificar os edifícios com melhor desempenho.

Praticamente em todos os países europeus e em alguns países no mundo têm desenvolvido sistemas de avaliação e certificação para a construção como é demonstrado na tabela 1, adaptado a cada realidade nacional.

A maior parte dos sistemas de avaliação de edifícios sustentáveis são baseados nos regulamentos e legislação local, em soluções construtivas convencionais e o peso de cada parâmetro e indicador na avaliação é predefinido de acordo com as realidades sociocultural, ambiental e económica do local. Deste modo, a maior parte deles só pode ter reflexo às escalas local ou regional. No entanto, existem alguns exemplos de métodos que podem ser utilizados à escala global. Este tipo de métodos está sobretudo orientado para utilização nos meios académicos, pois as bases de dados com os requisitos de referência associados a determinado local e para um determinado tipo de utilização têm de ser desenvolvidas durante a avaliação, o que se traduz num processo moroso e oneroso [6].

Tabela 1 – Principais sistemas de avaliação

País	Sistemas	Sigla	Comentário
	LiderA	LiderA	Sistema com base em critérios e benchmarks, semelhante aos sistemas de avaliação BREEAM, LEED, HQE e CASBEE
	National Australian Building Environmental Rating System	NABERS	Sistema com base em critérios e benchmarks. Para edifícios novos e existentes.
	Green Star	Green Star	Sistema com base em critérios e benchmarks, que pretende abranger várias tipologias de edifícios. Combina aspectos do BREEAM e do LEED.
	Building Environmental Performance Assessment Criteria	BEPAC	Inspirado no BREEAM e dedicado a edifícios comerciais novos ou existentes.
	Environmental Assessment Framework	EDIP	EDIP Fornece ferramentas e uma metodologia para a incorporação ambiental considerações para a seleção de materiais para edifícios.
	Environmental Assessment and Classification System for Residential, Office and Retail Buildings in Finland	PromisE	Sistema com base em critérios e benchmarks, com ponderação fixa para quatro categorias.
	Haute Qualité Environnementale	HQE	Sistema com base em critérios e benchmarks, analisando o ciclo de vida inteiro das edificações
	EcoIndicator	EcoIndicator	Mede o impacto ambiental de um material, esta ponderação é utilizada pelo Eco-Quantum
	EcoProfile	EcoProfile	Sistema com base em critérios e benchmarks, influenciado pelo BREEAM. Possui duas versões: edifícios comerciais e residenciais.
	Building Research Environmental Assessment Method	BREEAM	Sistema com base em critérios e benchmarks, para várias tipologias de edifícios. Base de sustentação de muitos sistemas de avaliação.
	BRE EcoHomes	BRE EcoHomes	Sistema com base em critérios e benchmarks, seguindo a estrutura de categorias do BREEAM, faz a avaliação de edifício-base, projeto e aquisição, gestão & operação.
	Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme	CEEQUAL	Avalia todo o tipo de obras de engenharia civil, infraestrutura, paisagismo e projetos de domínio público. É promovido pela Instituição de Engenheiros Cívicos (ICE) e um grupo de organizações de engenharia civil, incluindo CIRIA, CECA e ACE.
	Leadership in Energy e Environmental Design	LEED	Inspirado no BREEAM. Sistema com base em critérios e benchmarks. Capaz de avaliar vários tipos de projetos.
	Hong Kong Building Environmental Assessment Method	HK-BEAM	Adaptação do BREEAM, para Hong Kong, em versões para edifícios de escritórios novos ou em uso e residenciais. Não pondera.
	Energy Performance, Indoor environmental Quality and Retrofit	EPIQR	Avaliação de edifícios existentes para fins de melhoria ou reparo
	German Sustainable Building Council	DGNB	O DGNB Avalia edifícios e distritos urbanos. O Sistema DGNB abrange todos os principais aspetos da construção sustentável. As avaliações são sempre baseadas no ciclo de vida de um edifício inteiro. O sistema baseia-se nos conceitos aplicados nos dias de hoje.
	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency	CASBEE	Sistema com base em critérios e benchmarks. Composto por várias ferramentas para diferentes fases do ciclo de vida. Inspirada na GBTool.
	Environmental Status of Buildings	-	Sistema com base em critérios e benchmarks. Sem AVC ou ponderação.
Internacional iiSBE	GBC (Green Building Challenge) - GBTool (Sustainable Building Toll)	GBC - GBTool	Sistema com base em critérios e benchmarks. Ponderação ajustável ao contexto de avaliação.

Azul - sistema descrito nesta dissertação

3.3.1. LIDERA

O LiderA é um sistema de avaliação operado em Portugal e surge como um instrumento de apoio ao desenvolvimento de projetos mais sustentáveis e, caso o seu desempenho seja comprovado, o seu reconhecimento e certificação. Este sistema dá as orientações a serem efetuadas para aplicar o sistema desde a fase inicial (Programa Preliminar definido pelo Dono de Obra) até ao Projeto de Licenciamento [9],[10].

O sistema LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade, assumindo-se como um sistema para liderar pelo ambiente, estando organizado em vertentes que incluem áreas de intervenção, que são operacionalizadas através de critérios que permitem efetuar a orientação e a avaliação do nível de procura da sustentabilidade [9].

Os princípios sugeridos para a procura da sustentabilidade são os seguintes:

- Princípio 1 – Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 – Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 – Reduzir o impacto das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 – Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 – Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;
- Princípio 6 – Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

As seis vertentes subdividem-se em vinte e duas áreas:

- Integração local, no que diz respeito ao Solo, aos Ecossistemas naturais e Paisagem e ao Património;
- Recursos, abrangendo a Energia, a Água, os Materiais e os Recursos Alimentares;
- Cargas ambientais, envolvendo os Efluentes, as Emissões Atmosféricas, os Resíduos, o Ruído Exterior e a Poluição Ilumino-térmica;
- Conforto Ambiental, nas áreas da Qualidade do Ar, do Conforto Térmico e da Iluminação e acústica;
- Vivência socioeconómica, que integra o Acesso para todos, os Custos no ciclo de vida, a Diversidade Económica, as Amenidades e a Interação Social e Participação e Controlo;
- Condições de uso sustentável que integra a Gestão Ambiental e Inovação.

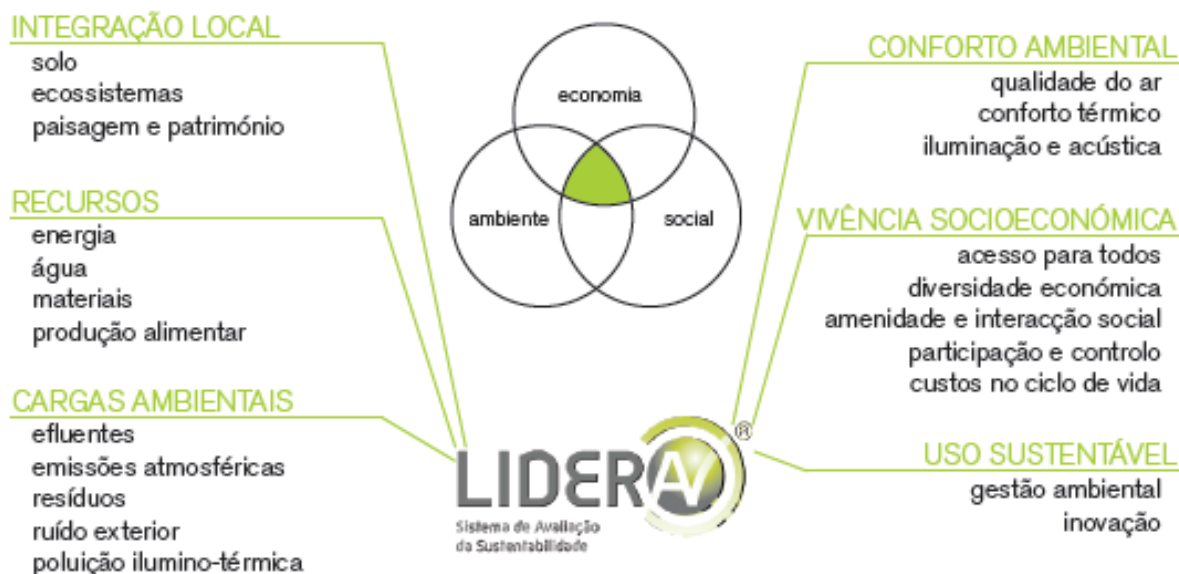


Figura 9 – Esquema de vertentes e áreas do Sistema LiderA [9]

No sistema para orientar e avaliar o desempenho, existe um conjunto de critérios que operacionalizam os aspetos a considerar em cada área. Estes critérios dispõem de diferentes níveis de desempenho (1 a 10 ou superior) evoluem com a tecnologia, permitindo assim dispor de soluções ambientalmente mais eficientes. No entanto, os critérios e as orientações apresentadas pretendem ajudar a selecionar, não a melhor solução existente, mas a solução que melhore, preferencialmente de forma significativa, o desempenho existente, também numa perspetiva económica.

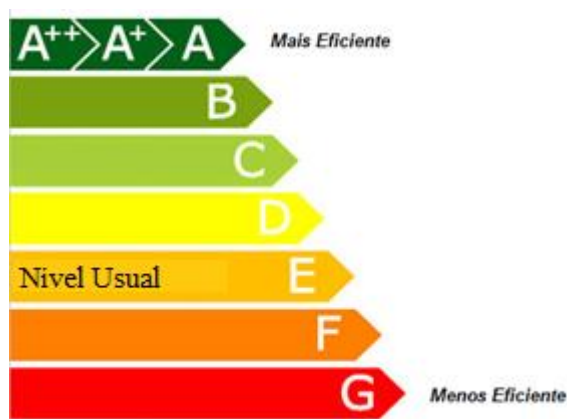


Figura 10 – Níveis de desempenho [9]

Para cada tipologia de utilização e para cada critério são definidos os níveis de desempenho considerados (ou limiares), que permitem indicar se a solução é ou não sustentável. A parametrização para cada um deles segue, ou a melhoria das práticas existentes, ou a referência aos valores de boas práticas, tal como é usual nos sistemas internacionais. Os níveis de desempenho são numéricos que do ponto de vista de comunicação são transformados em classes (de G a A+++).

Os limiares são derivados a partir de três pontos de referência. O primeiro assenta no desempenho tecnológico mais utilizado, pelo que a prática construtiva existente é considerada como nível usual

(Classe E). No segundo nível o melhor desempenho decorre da melhor prática construtiva viável à data (Classe C, B e até A), o terceiro assenta na definição do nível de sustentabilidade elevado (procura de neutral ou regenerativo (Classes A++). Decorrentes desta análise são estabelecidos para cada utilização os níveis de desempenho a serem atingidos

Para o sistema LiderA o grau de sustentabilidade por área é mensurável em classes de bom desempenho crescentes: desde a prática (E) a classes C (superior a 25% à prática), B (37,5 %) e A (50% ou fator 2). Na melhor classe de desempenho existe, para além da classe A, a classe A+, associada a um fator de melhoria de 4 e a classe A++ associada a um fator de melhoria de 10 face à situação inicial considerada, ou até mesmo A+++ que categoriza uma situação regenerativa. [9].

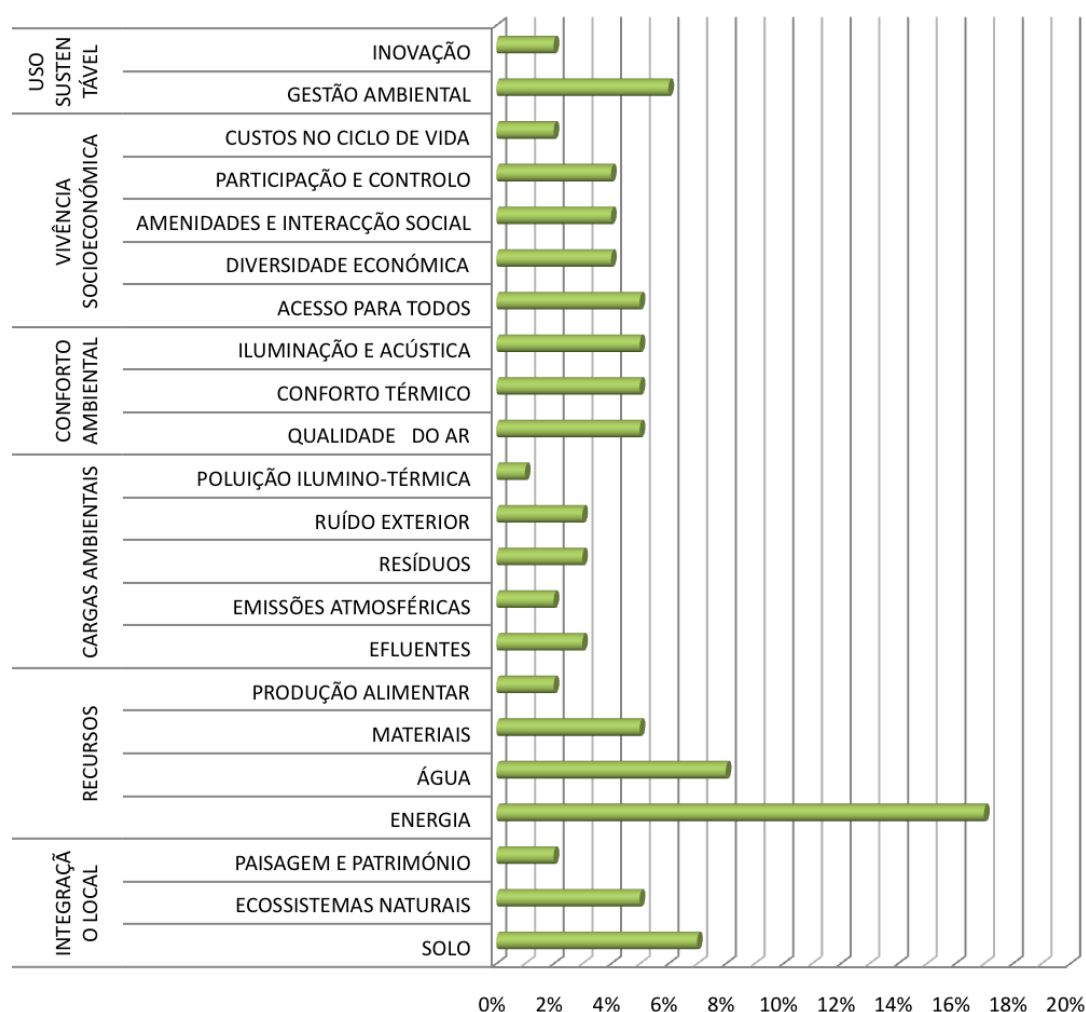


Figura 11 – Ponderação (em percentagem) para as 22 áreas do Sistema LiderA (V2.00) [9]

No geral, dentro de cada área os critérios dispõem de igual importância pelo que o seu agrupamento permite a classificação para cada uma das 22 áreas. Para obter um valor agregado, a classificação final conjugada é obtida através da ponderação das 22 áreas. Para o efeito, através de inquirição e consenso, foram obtidas as ponderações para cada uma das áreas, sendo a área de maior importância a Eficiência nos Consumos (17%), seguida da Água (8%) e do Solo (7%).

O sistema LiderA pode ser utilizado para desenvolver os planos, projetos e procura de soluções construtivas sustentáveis na fase de obra, sendo particularmente relevante a sua aplicação desde logo na fase de conceção do mesmo.

Desde o seu início, ou seja desde a sua ideia e planeamento, o empreendimento deve adotar uma política ambiental (ou evidenciar a sua implementação), a qual deve ser adequada ao empreendimento e suas especificidades ambientais, considerando os princípios de procura da sustentabilidade atrás referenciados.

Na fase inicial de cada projeto, o dono da obra, sendo o responsável pela encomenda das operações e pela celebração do respetivo contrato de adjudicação, define as características, condições e soluções que se pretendem implementar nos empreendimentos. Deve haver uma política ambiental e de segurança que seja capaz de proporcionar que os trabalhos sejam realizados com segurança, higiene e saúde para todos os intervenientes. Cabe-lhe estabelecer as regras gerais de planeamento, organização e coordenação do projeto, para todas as suas fases: programa preliminar, programa de base, estudo prévio, processo de licenciamento, projeto de execução e fase de construção / obra [9].

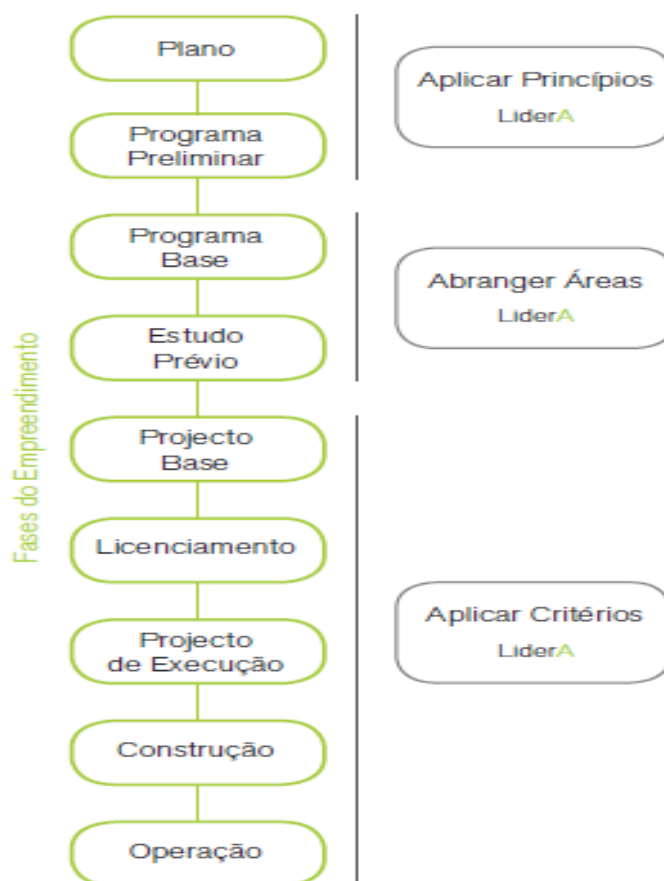


Figura 12 – Fases do empreendimento e aplicação da abordagem ao LiderA [9]

3.3.2. LEED

Sistema LEED foi criado nos EUA, tem como finalidade avaliar a sustentabilidade do edifício, estabelecendo metas na fase projeto, construção e operação.

O sistema LEED está transformando de maneira como pensamos, como os edifícios e as populações estão planeadas, construídos, mantidos e utilizados em todo o mundo, é um programa de certificação de edifícios verdes que reconhece estratégias e práticas de best-in-class de construção.

Para receber a certificação LEED, os projetos de construção tem de satisfazer os pré-requisitos e ganhar pontos para alcançar diferentes níveis de certificação. Pré-requisitos e créditos são diferentes para cada sistema de classificação, e as equipes projetistas devem escolher o mais adequado para o seu projeto.

LEED é suficientemente flexível para aplicar a todos os tipos de projetos. Cada sistema agrupa e classifica atendendo às necessidades específicas da construção e do tipo de projeto para a certificação LEED. A equipe de projeto escolhe um sistema de classificação, para utilizar os créditos apropriados para orientar o projeto e as decisões operacionais [11].

Há cinco sistemas de classificação que abordam vários tipos de projetos:



Figura 13 – Sistemas de Avaliação LEED [11]

1. Building Design and Construction (Projeto de edifício mais construção): Aplica-se a edifícios novos e a reabilitações.
2. Interior Design and Construction (Projeto de interiores e construção): Aplica-se a projetos que são um equipamento completo para interior.
3. Building Operations and Maintenance (Operações de Construção e Manutenção): Aplica-se a edifícios existentes que são submetidos a trabalhos de melhoramento.
4. Neighborhood Development (Desenvolvimento bairro): Aplica-se a novos projetos de planeamento territorial ou projetos de reabilitação que contêm uso residencial, uso não-residencial, ou mistos. Pode-se aplicar em qualquer fase do processo de desenvolvimento.
5. Homes (Habitações): Aplica-se a habitações unifamiliares, multifamiliares de baixo ou medio crescimento.



Figura 14 – Categorias de créditos [11]

Cada sistema de classificação é constituído por uma combinação de categorias de crédito. Dentro de cada uma das categorias de crédito, existem pré-requisitos específicos que deve satisfazer para ganhar pontos. O número de pontos ganhos pelo projeto determina o seu nível de certificação LEED.

- Processo Integrativa – Não é uma categoria de crédito, tem como objetivo orientar todas áreas da fase de pré-projecto e integrar os diversos membros da equipe.
- Localização e Transporte – Créditos para projetos dentro de áreas relativamente densas, perto de diversos usos, com acesso a uma variedade de opções de transporte, ou em locais com restrições de desenvolvimento.
- Materiais e Recursos – Créditos para incentivar o uso de materiais de construção sustentável e reduzir o resíduos, créditos de qualidade ambiental para promover uma melhor qualidade do ar interior e acesso à luz do dia.
- Eficiência de água - Créditos que promove o uso inteligente da água, dentro e fora, para redução do consumo de água potável.
- Energia e atmosfera – Créditos que promove o melhor desempenho energético do edifício, através de estratégias inovadoras.
- Locais sustentáveis - Créditos que incentiva estratégias para minimizar os impactes sobre os ecossistemas e os recursos hídricos.
- Qualidade ambiental interior - Créditos para promover uma melhor qualidade do ar interior e acesso à luz do dia.
- Inovação - Créditos que abordam experiências de construção sustentável, medidas não abrangidas no âmbito das cinco categorias de crédito LEED.
- Créditos regionais - abordam as prioridades ambientais regionais para edifícios em diferentes regiões geográficas.

Categorias adicionais LEED para o desenvolvimento de bairro:

- Inteligência da localização e ligação - Créditos que promove bairros tranquilos com opções de transporte eficientes e espaço aberto.
- Padrão do Bairro - Créditos para bairros compactos, tranquilos, vibrantes, de uso misto, com boas ligações às comunidades próximas.
- Infraestruturas de edificios verdes – créditos para reduzir as consequências ambientais das construções e do uso das edificações e infraestruturas.

O número de pontos que ganha um projeto determina o nível de certificação LEED. Existindo quatro níveis de certificação LEED que o projeto poderá receber (figura 15) [11].



Figura 15 – Níveis de certificação LEED [11]

O LEED é uma metodologia baseada em pontuação, sendo primeiramente necessário verificar se o empreendimento obedece aos requisitos mínimos, pré-requisitos, e se um número mínimo de créditos (somando 40 pontos) serão atendidos; para isso, a equipe (dono de obra, projetistas, etc.) deve, através duma checklist, determinar os créditos que serão atendidos, a fim de dirigir o projeto, estabelecer metas e definir o nível de certificação que se pretende conquistar.

Caso a certificação seja viável, a equipe deve elaborar e enviar toda a documentação referente ao empreendimento e aguardar o USGBC informar os créditos que foram contemplados. Isso não garante a certificação, que só será emitida após fase de construção. Depois de finalizada a obra, é necessário enviar outros documentos referentes a comprovação da aplicação dos créditos na construção (notas fiscais, fotografia etc.) Uma vez aprovados, será emitido o certificado do empreendimento [12].

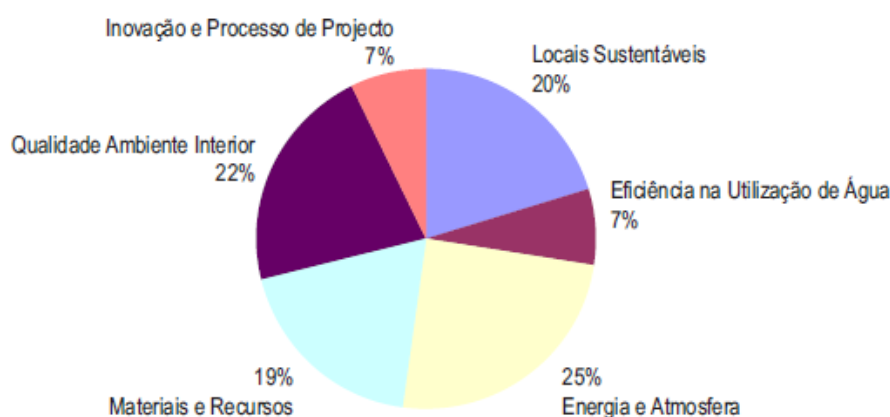


Figura 16 – Exemplo da ponderação das categorias LEED para novas construções [1]

3.3.3. BREEAM

BREEAM é o método de avaliação ambiental mais importante do mundo, é um sistema de classificação para certificação de todos os tipos de edifícios, escolas, edifícios de saúde, escritórios, instalações industriais entre outros.

BREEAM define o padrão para as melhores práticas em projetos de construção sustentável, e verifica nas fases de construção e operação se tornou as medidas mais abrangentes e amplamente do desempenho ambiental de um edifício, analisando as várias fases do ciclo de vida com o objetivo de lidar com o impactos ambiental, melhorando as questões de gestão, reduzindo os custos de funcionamento e melhorando o desempenho ambiental do existente.

A avaliação BREEAM utiliza medidas reconhecidas de desempenho, que são definidas em relação aos parâmetros estabelecidos, para avaliar as fases de projeto, construção e utilização de um edifício. As medidas utilizadas representam uma ampla gama de categorias e critérios da energia e para a ecologia, abordando questões ambientais e de sustentabilidade, permitindo que os projetistas e gestores de edifícios demonstrem as credenciais ambientais dos seus edifícios aos clientes.

Utiliza um sistema de pontuação simples, que é transparente, flexível, fácil de entender e apoiada pela ciência e baseada em evidências, tem uma influência positiva sobre a concepção, construção e gestão dos edifícios [13].

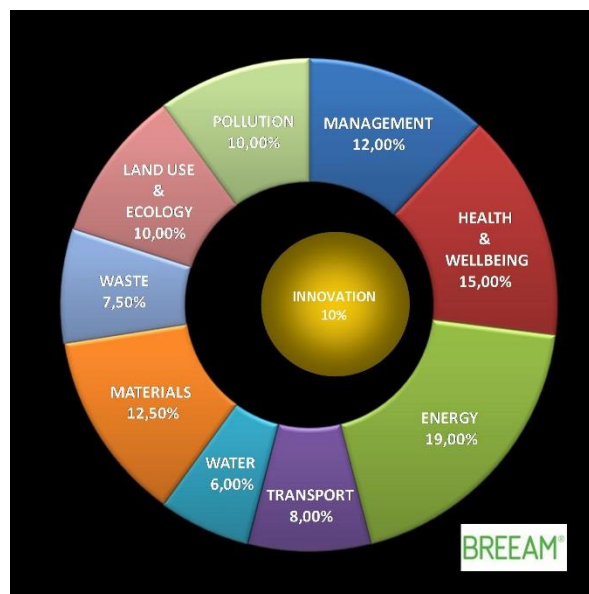


Figura 17 – Ponderação das áreas de avaliação BREEAM [14]

BREEAM premia desempenho ambiental, conforto e os benefícios para a saúde, atribuindo pontos "créditos" agrupando os impactos ambientais da seguinte forma [13]:

- Energia: energia e dióxido de carbono operacional (CO₂)
- Gestão: política de gestão, comissionamento, gestão do lugar e aquisição
- Saúde e Bem-estar: interior e exterior, questões relacionadas com o ruído, luz, ar, qualidade, etc.)
- Transporte: CO₂ e localização relacionada com transporte, fatores relacionados consumo de água e eficiência
- Materiais: impactos relacionados com os materiais de construção, incluindo impactos do ciclo de vida, como o dióxido de carbono
- Resíduos: eficiência dos recursos de construção e operacional, gestão de resíduos
- Poluição: poluição do ar e da água

- Uso da Terra: tipo de uso e construção
- Ecologia: valor ecológico, conservação e valorização do local

O número total de pontos ou créditos obtidos em cada seção é multiplicado por um fator de ponderação ambiental que leva em conta a importância relativa de cada uma, as pontuações são somadas para produzir uma única pontuação geral. Conhecida a pontuação geral do edifício classifica-se em uma escala:

- Pass (Certificado) – 30% dos créditos
- Good (Bom) – 45% dos créditos
- Very Good (Muito Bom) – 55% dos créditos
- Excellent (Excelente) – 70% dos créditos
- Outstanding (Excepcional) – 85% dos créditos



Figura 18 – A classificação por estrelas de 1 a 5 estrelas [13]

Este sistema de avaliação permite avaliar o desempenho ambiental de vários tipos de construções:

- EcoHomes – Habitações
- Offices – Edifícios de escritórios
- Industrial BREEAM – Unidades industriais
- Retail BREEAM – Edifícios de comerciais
- Bespoke BREEAM – Sistema aberto aplicado a varias tipologias (escolas, Hospitais e Prisões)

3.3.4. HQE™

HQE™ sistema de certificação de qualidade ambiental Francês destinado a construção e gestão do edifício, bem como projetos de planeamento urbano, promovendo as melhores práticas, a qualidade em projetos de construção sustentável e oferece orientação especializada durante todo o ciclo de vida do projeto [15].

Existe três entidades de certificação em França utilizados este método:

- Certivea para construções novas ou reabilitações de qualquer tipo;
- Cerqual para edifícios residenciais;
- Cequami para habitações isoladas.

Certificação HQE™ é apoiado em três princípios:

- Os donos de obra definem os seus próprios objetivos;
- Nenhuma solução arquitetónica ou técnica é imposta, os projetistas é quem fazem as suas próprias escolhas;
- Apoia à gestão do projeto permitindo que todas as partes interessadas no mesmo se envolva e cumpra as metas estabelecidas.

Certificação HQE dá as empresas uma análise do ciclo de vida inteiro do edifício desde as fases de construção, renovação e funcionamento em edifícios residenciais e não residências, moradias isoladas bem com o planeamento, considerando os diversos impactes relacionados sobre a saúde, o conforto pessoal e do ambiente interno. É uma abordagem abrangente, multicritérios que reúne todas as partes interessadas de um projeto. É portanto um sistema que se esforça para melhorar o ambiente construído avaliando o impacto da construção no meio ambiente, na saúde e no conforto dos usuários; estabelecendo medidas para reduzir o impacto da construção, é um processo de avaliação sustentado num método de indicadores internacionais (exemplo: Edifício Aliança Sustentável, CEN TC 350, etc.).

Certificação HQE TM tem como finalidade otimizar e rentabilizar a construção em todo o processo desde [15]:

- As taxas de ocupação elevadas.
- O edifício vende mais rápido.
- Os baixar os custos de construção (maior controle sobre o consumo de energia, poupança, menos orçamento de resíduos, etc.)
- Melhoria do valor patrimonial.

Edifício Residencial HQETM

Este esquema de certificação abrange todas as fases de projeto da construção de novos edifícios residenciais, tem como objetivo responder e proporcionar habitação nova com condições sanitárias e de conforto, desta forma garante um ambiente de vida melhor, limitando o impacto da construção no meio ambiente. É um esquema de certificação criado com a aprovação de todas as partes envolvidas até o final [15].

Edifícios Não Residenciais HQETM

Este esquema de certificação abrange as fases de projeto e construção de edifícios novos e renovados a certificação é emitida após auditorias, considerando os aspetos de Gestão ambiental do projeto (PEM) e o desempenho ambiental do edifício (EPB). Originando benefícios aos investidores como uma rentabilidade ótima como um edifício amigo do ambiente, para os usuários uma maior qualidade de vida no local de trabalho e uma redução de riscos para a saúde [15].

Edifícios não residenciais em operação HQETM

A certificação é aplicada a um edifício ou grupo de edifícios, cujos métodos são cobertos ao mundo de hoje, lança um holofote não só nos edifícios de uso mas também na perícia de melhores práticas, estratégia de desenvolvimento sustentável e a imagem do construtor como uma empresa responsável. A certificação pode ser independentemente solicitado por um proprietário, construtor ou utilização do edifício [15].

Planeamento Sustentável HQETM

Este esquema de certificação comprova a implementação de um sistema de gestão de projeto sustentável, que permite que os objetivos da programação que são apropriados às circunstâncias do projeto a ser definido e que o projeto seja organizado de tal forma a assegurar que as metas são colocadas

enquanto controla, a coordenação, participação e processos de avaliação, os processos de planeamento operacional para a conceção, construção e fase de transferência [15].

3.3.5. CEEQUAL

CEEQUAL é a avaliação de sustentabilidade baseada em evidências, sistemas de classificação, fornecendo uma visão muito ampla de cobertura as infraestrutura, paisagismo e esfera pública, e celebra a conquista de um elevado desempenho ambiental e social. Tem como objetivo oferecer melhor especificação do projeto e da construção de obras de engenharia civil. Além de ser usado como um sistema de classificação para avaliar o desempenho, também proporciona uma influência significativa para projetar ou contratar equipas para desenvolvem a empreitada nas fases de projetar e construir. O esquema CEEQUAL é relevante para os clientes de engenharia civil, infraestrutura, paisagismo ou projetos de domínio público e de contratos, para empresas de projeto de engenharia civil e engenharia de empresas de construção civil, incluindo [16]:

- Clientes do setor privado
- Clientes do setor público
- Empreiteiros
- Designers & Builders
- Outros usuários (por exemplo, financiadores e reguladores dos sistemas de construção que podem querer garantias de que os projetos são realizados de forma ambientalmente e socialmente responsável).

É uma metodologia ponderada que reflete a contribuição de desempenho em cada seção de uma Avaliação CEEQUAL para obtermos o desempenho global da empreitada. A pontuação CEEQUAL indica posição de um projeto, entre o mínimo legal de conformidade e topo melhores práticas. Os limiares de adjudicação, com base na pontuação máxima possível para o projeto ou contrato, são [17]:

- Mais do que 25 % - Aprovado
- Mais do que 40 % - Bom
- Mais do que 60 % - Muito Bom
- Mais de 75% - Excelente.

CEEQUAL é orientada por uma metodologia abrangente, sistemas está disponível em duas formas [18]:

- CEEQUAL para Projetos - Aplicável a todos os tipos de engenharia civil, infraestruturas, paisagismo e obras esfera pública (incluindo a infraestrutura associada com a evolução de construção)
- CEEQUAL para contratos a prazo - especificamente criado para a avaliação de obras de engenharia civil e de domínio público que são realizadas por meio de contratos ao longo de vários anos e em uma ampla área geográfica ou operacional.

Áreas analisadas na metodologia de projetos [18]:

1. Estratégia de projeto (opcional): aborda como a equipe do projeto tem relacionado o seu projeto para a agenda de sustentabilidade, em torno de engenharia civil e projetos de infraestrutura, e a sua contribuição para "desenvolvimento sustentável". Ele solicita às equipes de projeto

- questionarem-se como o dono de obra e projetista adotou os princípios do desenvolvimento sustentável no planejamento e elaboração do projeto e seus impactos prováveis
2. **Gestão de Projetos:** esta seção aborda como as questões ambientais e de sustentabilidade estão sendo incorporadas à gestão global do projeto. Abrange uma série de questões que vão desde gestão ambiental e as questões sociais que surgem a partir de desenvolvimento, concepção e construção do projeto.
 3. **Pessoas e Comunidades:** nesta seção, uma ampla gama de impactos positivos e negativos são avaliados, em pessoas ou comunidades afetadas pelo projeto. Abrange minimizar e- operação perturbações relacionadas com a construção, requisitos legais, a consulta à comunidade, programas de relações com a comunidade e sua eficácia, o envolvimento com grupos locais relevantes e ambiente humano, estética e emprego.
 4. **Uso do Solo (acima e abaixo da água) e Paisagem:** aqui, a metodologia abrange questões como ótima ocupação de terras e seus os requisitos legais, o risco de inundação, o uso prévio do local, a contaminação do solo e medidas de remediação, e aplica-se ao uso do solo convencional, e ao uso do leito do mar, estuários, rios e lagos. Esta seção também aborda a análise de questões da paisagem em projeto, recursos de comodidade, de caráter local, perda e compensação ou mitigação das características das paisagens, implementação e gestão, e a conclusão e cuidados posteriores.
 5. **Ambiente histórico:** abrange estudos básicos e pesquisas, medidas de conservação e de melhoria a serem tomadas se os recursos são encontrados e informações e de acesso público, questões de patrimônio histórico.
 6. **Ecologia e Biodiversidade:** cobre impactos sobre locais de elevado valor ecológico, espécies protegidas, as pesquisas de conservação e valorização, medidas de criação de habitats, monitoramento e manutenção.
 7. **Meio ambiente aquático:** controle dos impactos de um projeto sobre proteção do aquático, requisitos legais e melhoria do ambiente de água, sempre que possível.
 8. **Recursos Físicos, Uso e Gestão:** esta seção significativa que abrange os impactos do uso da vasta gama de recursos físicos necessários para projetos de engenharia civil. As perguntas incluem a cobertura: análise do ciclo de vida, energia e as emissões de carbono em uso, o desempenho energético e de carbono no local, minimizando o uso de materiais e resíduos, fornecimento responsável de materiais, incluindo seleção de madeira, utilizando materiais reutilizados e / ou reciclados, minimizando o uso e os impactos de materiais perigosos, durabilidade e manutenção, e futuro de construção ou desmontagem, projeto para a minimização de resíduos, requisitos legais, resíduos de preparação do local, minimizando o consumo de água e de água incorporada, políticas e metas para a eficiência dos recursos, e gestão de resíduos.
 9. **Transporte:** cobre localização de um projeto em relação ao transporte, infraestrutura, minimizando os impactos de tráfego de um projeto, o transporte de construção é minimizando, saber se o projeto faz parte da rede de transportes, um destino que coloca exigências adicionais sobre as redes de transporte, ou outros projetos com impacto mais limitado sobre a infraestrutura de transporte. Então perguntas cobrem o relacionamento do projeto para o transporte de infraestrutura, o acesso para pedestres e ciclistas, a necessidade de infraestrutura de transporte adicional decorrente do projeto, a resiliência da rede, e desempenho para usuários não-motorizados.

Tabela 2 – Ponderação CEEQUAL [17]

CEEQUAL	Ponderação %
1 Estratégia de Projetos	12,50
2 Gestão de Projetos	10,90
3 Pessoas e Comunidades	10,60
4 Uso do Solo e da paisagem	20,00
5 Ambiente Histórico	4,60
6 Ecologia e Biodiversidade	6,00
Meio Ambiente Aquático	5,00
8 Recursos Físicos, Uso e Gestão	24,30
9 Transporte	5,40

Áreas analisadas para contratos a prazo:

1. Gestão de Contratos: cobre a necessidade de avaliações de risco ambiental e de gestão de ativos ambientais, a formação, a influência dos processos contratuais e de aquisições, proporcionando um desempenho ambiental e social, questões de construção, minimizando as emissões.
2. Uso da Terra: abrange a conceção de mínimo ocupação de terras, os requisitos legais, o risco de inundação, o uso prévio do local, a contaminação do solo e medidas de remediação.
3. Questões Paisagísticas (incluindo paisagem rural e paisagem urbana): cobre a análise de questões da paisagem em projeto, recursos de comodidade, de carácter local, perda e compensação ou mitigação das características das paisagens, implementação e gestão, e cuidados posteriores.
4. Ecologia e Biodiversidade: cobre impactos sobre locais de elevado valor ecológico, espécies protegidas, conservação e valorização, medidas de criação de habitats, monitoramento e manutenção.
5. Ambiente Histórico: abrange estudos básicos e pesquisas, medidas de conservação e de melhoria a serem tomadas.
6. Questões da água: cobre controle dos impactos de um projeto sobre a proteção do ambiente aquático, os requisitos legais, minimizando o consumo de água e melhoria do ambiente de água.
7. Energia e Carbono: abrange a energia do ciclo de vida e análise de carbono, energia e emissões de carbono em uso, energia e desempenho de carbono no local.
8. Utilização de materiais: minimizar o impacto ambiental dos materiais utilizados, minimizando o uso de materiais e resíduos, fornecimento responsável de materiais, incluindo seleção de madeira, com material reutilizado e / ou reciclado, minimizando o uso dos impactos dos materiais perigosos, durabilidade e manutenção e o futuro da construção ou desmontagem.
9. Gestão de Resíduos: minimização de resíduos, resíduos de preparação do local, gestão de resíduos no local.
10. Transporte: cobre localização de um projeto em relação às infraestruturas de transporte, minimizando os impactos de tráfego de um projeto, o transporte de construção.
11. Efeitos sobre vizinhos: minimizar operação e perturbações relacionadas com a construção, o incômodo do ruído e vibração da construção, poluição ar, impacto visual.

12. Relações com a comunidade local e outras partes interessadas: cobre consulta à comunidade, programas de relações com a comunidade e sua eficácia, envolvimento com grupos relevantes locais e ambiente humano, estética e emprego.

Tabela 3 – Ponderação CEEQUAL [19]

CEEQUAL	Ponderação %
1 Gestão de Contratos	12,00
2 Uso da Terra	8,20
3 Questões Paisagísticas	6,90
4 Ecologia e Biodiversidade	8,50
5 Ambiente Histórico	6,20
6 Questões da água	8,90
7 Energia e Carbono	8,50
8 Utilização de materiais	9,50
9 Gestão de Resíduos	8,70
10 Transporte	7,60
11 Efeitos sobre vizinhos	7,30
12 Relações com a comunidade local	7,70

A grande Vantagem de utilizar o modelo CEEQUAL é que esta assente sobre os três pilares do desenvolvimento sustentável, conseguindo desta forma alcançar o sucesso econômico, social e ambiental, ao mesmo tempo utilizando as melhores praticas. Ele avalia uma ampla gama de questões econômicas, ambientais e sociais, incluindo os efeitos de um projeto sobre os vizinhos, relações com a comunidade em geral, questões econômicas indiretas através de uma análise de questões como a energia, materiais e resíduos que podem significativamente influenciar o resultado financeiro de um projeto, mas também os impactos e os benefícios econômicos mais amplos para o projeto, deixando sobre o dono de obra e as autoridades planeamento se devem continuar ou não a prosseguir com o projeto.

3.3.6. NABERS

Nabers é um sistema simplificado australiano de classificação que mede o desempenho ambiental dos edifícios. Nabers mede a eficiência energética, o uso de água, gestão de resíduos e qualidade do ambiente interior de um edifício, bem como o seu impacto sobre o meio ambiente. Utilizando informação comprovada e medidas de desempenho, tais como estimativas de serviços públicos, e convertê-los de forma simplificada para entender, numa escala de classificação de um a seis estrelas. O sistema tem como finalidade ajudar a melhorar o desempenho da sustentabilidade, fornecendo benefícios financeiros. Nabers oferece quatro ferramentas de qualificação ambientais - Nabers Energia, Nabers Hídricos, Resíduos e Nabers ambiente interior, para medir o desempenho operacional real de edifícios e arrendamento existentes, mas também pode ser usado para avaliar escritório, centros comerciais, hotéis e casas [20].

Tabela 4 – Ferramentas Nabers aplicadas aos tipos de construção Vs impactos ambientais [21]

	Energia / Edifício verde	Água	Resíduos	Ambiente interior
Escritórios	✓	✓	✓	✓
Hotéis	✓	✓		
Centros comerciais	✓	✓		
Habitações	✓	✓		
Centros de dados	Em desenvolvimento			

Cada uma das ferramentas Nabers foi desenvolvido com o objetivo [20]:

- Fornecer um ponto de referência com base no mercado credível e independente.
- Comunicar o desempenho ambiental através de uma classificação por estrelas.
- Conduzir melhores práticas através da definição de metas atendendo às necessidades da indústria, e alcançar resultados ambientais reais positivos.
- Medir os fatores que têm o maior impacto sobre o meio ambiente e as maiores oportunidades de melhoria, tais como consumo de energia e uso da água.
- Para os sectores onde um prédio ou local de trabalho pode ser bastante comparado a outro.
- Ferramenta relevante para o mercado pretendido, de fácil compreensão e vai impulsionar o melhoramento do desempenho.
- Realista, reconhece e premiar os níveis de desempenho atuais e incentiva e promove as melhores práticas.
- Fácil de usar e faz uso dos dados atualmente recolhidos através da construção de proprietários e gerentes.

A classificação Nabers reflete o desempenho ambiental de um edifício, nos últimos doze meses. Uma avaliação anual permite manter o controlo de desempenho, mede o impacto das eventuais medidas aplicadas, analisa questões para melhorar, bem como estabelecer metas para cada ano, fornecendo uma classificação por estrelas que representa o seu real desempenho, utilizando 12 meses de informação através de faturas de energia e água ou através de auditorias. O programa compara edificações de desempenho semelhante no mesmo local, para garantir que os dados de desempenho na vida real é comparável com outros edifícios, às vezes é necessário fazer ajustes correspondentes a localização específica e a utilização. Os dados ajustados são comparados com os dados de benchmark Nabers e será atribuído as estrelas onde reflete o seu desempenho [20].

A escala de classificação Nabers:

- Para Nabers Energia e Hídricos, ferramentas para escritórios, centros comerciais e hotéis:
 - 6 estrelas Desempenho líder de mercado
 - 5 estrelas Excelente desempenho
 - 4 estrelas Bom desempenho
 - 3 estrelas Desempenho médio
 - 2 estrelas Desempenho abaixo da média
 - 1 estrela Fraco desempenho

➤ Para Nabers Ambiente Interno e Resíduos para escritórios:

- 5 estrelas Desempenho líder de mercado
- 4 estrelas Excelente desempenho
- 3 estrelas Bom desempenho
- 2,5 estrelas Desempenho médio
- 2 estrelas Desempenho abaixo da média
- 1 estrela Fraco desempenho

Estas classificações tem uma grande importância para os proprietários de imóveis para que o seu investimento seja rentabilizado, também influenciam fortemente as decisões de investimento em novas construções e tem um impacto significativo na gestão dos maiores portfólios de propriedades de investimento, com forte influência nos edifícios são comprados e vendidos [20].

Através do uso generalizado de Nabers, a indústria comercial australiano ganhou uma reputação mundial na ecologização dos seus edifícios e arrendamento. Edifícios com classificação Nabers são agora valorizados no mercado, atraindo as valorizações mais altas, e desfrutando de menores custos utilização. A classificação Nabers permite às empresas melhorar a eficiência operacional e produtividade, demonstrar o seu compromisso de proteger e conservar o meio ambiente, bem como otimizar os pilares da sustentabilidade. Em um mercado imobiliário competitivo, Nabers pode ser um meio de distinguir o seu edifício dos restantes e pode utilizar os benefícios de marketing que vêm com a marca reconhecimento de Nabers.

3.3.7. GBC - SBTool

O Green Building Challenge é gerido iiSBE; este processo tem como base a ferramenta SBTool a qual possibilita avaliar o potencial de energia e desempenho ambiental dos projetos de estudo.

O GBC é um esforço de colaboração internacional para o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação ambiental de construção que expõe e aborda aspetos controversos da construção do desempenho, da qual os países participantes podem tirar seletivamente ideias, quer incorporar ou modificar suas próprias ferramentas. Este sistema começou a ser desenvolvido em 1996, contou com a colaboração de mais de 75 equipas de vários países e tem vindo a sofrer alterações ao longo das várias conferências realizadas especificamente para o efeito: GBC'98 (Canadá), SB2000 (Holanda), SB02 (Noruega), SB05 (Japão) e SB08 (Austrália) e por último SB11 (Suécia). O processo SB desafio resulta na seleção de uma ampla gama de edifícios de alto desempenho em todo o mundo, avaliados pelos proponentes e em seguida, apresentados com indicadores chave de desempenho e discutidas nas Conferências Mundiais Construção Sustentável. A última delas foi em Helsínquia, em Outubro de 2011, organizado pela iiSBE incidiu sobre os desafios do projeto de sustentabilidade, esta abrindo a todos os tipos de edifícios e dar um passo em frente no sentido bairros sustentáveis.

O processo de avaliação de desempenho GBC é adaptado por equipas nacionais para as condições de seus próprios países e regiões. Os sistemas adaptados a uma região reflete questões como a energética regional e as prioridades ambientais, custo-efetividade e questões de planeamento urbano [22].

Os três objetivos gerais do processo de GBC são:

- Melhorar o estado-da-arte na construção, metodologias de avaliação de desempenho ambiental.

- Manter o direito de vigilância sobre as questões de sustentabilidade para determinar a sua relevância para a construção "verde" em geral, e ao conteúdo e estruturação da construção de métodos de avaliação ambiental, em particular.
- Patrocinar conferências que promovam o intercâmbio entre a comunidade de pesquisa ambiental de construção e de profissionais de construção para mostrarem as avaliações de edifícios ambientalmente.

Esses objetivos refletem o sucesso reconhecido do processo GBC em ter aumentado significativamente a compreensão da construção de avaliação ambiental através da colaboração internacional. Além dos objetivos gerais acima, dois objetivos específicos do GBC 2002 e GBC processos de 2005 são:

- Desenvolver um quadro genérico aceito internacionalmente que pode ser usado para comparar métodos de avaliação ambiental existente e utilizado por outras pessoas para produzir sistemas da indústria de base regional.

O SBTool é um sistema de classificação deve ser adaptada às condições locais, concebido para facilitar a análise da região, na verdade, o sistema exige a inserção de benchmarks regional significativa [23].

As principais características do sistema incluem o seguinte:

- SBTool abrange uma ampla gama de questões de construção sustentável, não só preocupações relacionadas com edifício verde, o sistema pode ser modificado para ser o mais estreito ou amplo quanto desejado, variando de 120 critérios até meia dúzia;
- O sistema permite que terceiros estabeleçam pesos de parâmetros que refletem as diferentes questões da região e estabelece benchmarks relevantes nos locais. Assim, muitas versões podem ser desenvolvidas em diferentes regiões bastante diferentes, ao compartilhar uma metodologia e conjunto de termos comuns. A principal vantagem, no entanto, é que uma versão SBTool foi desenvolvida com o conhecimento local é provável ser muito mais relevante para as necessidades locais e os valores do que outros sistemas;
- O sistema consiste em avaliar dois módulos distintos, ligados às fases do ciclo de vida, um para a avaliação do local, realizada na fase de pré-projecto, e outro para avaliação da construção, realizada nas fases do projeto, construção e utilização;
- SBTool leva em conta os fatores de contexto específico local bem como da região, e estes são utilizados para eliminar ou reduzir certos pesos, bem como o fornecimento de informação de base para todas as partes. Pesos para os critérios que permanecem ativos são redistribuídos, de modo que o total sempre 100 %.
- Há uma capacidade de realizar avaliações em quatro fases distintas do ciclo de vida e do sistema fornece benchmarks padrão adequados para cada uma delas;
- Os parâmetros podem ser calibrados para os três tipos de ocupações, um único prédio, como estruturas separadas ou grande projeto;
- O sistema lida com grandes projetos ou edifícios individuais, residencial ou comercial, novo e construção existente, ou uma mistura dos dois.
- Os projetistas podem especificar as metas de desempenho e marcar o desempenho de auto-avaliação;
- Os assessores podem aceitar as pontuações de desempenho de autoavaliação apresentadas pelos projetistas ou modificar.

O sistema é projetado para permitir que terceiros autorizados selecionem uma das quatro opções, que determina o número de critérios gerais ativos. Todos estes têm sido desenvolvidos como padrões genéricos, e todos os utilizadores devem rever e modificar ou substituir se necessário para produzir versões localmente relevantes [23].

O sistema permite avaliações nas quatro fases distintas:

- Fase de pré- projeto: esta fase é relevante para a seleção de um local do projeto e suas características, é uma avaliação separada e supõe-se que não existe informações disponíveis sobre a natureza do desenvolvimento do projeto subsequente.
- Fase de projeto: procede-se a avaliação do desempenho operacional potencial do projeto, com base nos documentos de pré-construção e dados.
- Fase de construção: é a fase de avaliação que abrange o processo de construção.
- Fase Operações: a avaliação nesta fase centra-se no desempenho operacional real do projeto, no mínimo, dois anos após a ocupação, muitos critérios ativo na fase de projeto também são ativos nesta fase, mas os métodos diferentes são usados para avaliar o desempenho, por exemplo o potencial de consumo de energia de funcionamento pode ser simulada em uma avaliação fase de projeto, mas o real consumo de energia só pode ser avaliado na fase de Operações, baseado em dados monitorizados.

Critérios analisados na fase de pré-projecto [23]:

S - Localização do lugar, serviços disponíveis e características do local

- S1 - localização do lugar
- S2 - Serviço fora do local disponível
- S3 - Características do lugar

Critérios analisados na fase de projeto, construção e operação [23]:

A - Regeneração e desenvolvimento do lugar, projeto urbano e Infraestrutura

- A1 - Regeneração e Desenvolvimento do lugar
- A2 - Desenho Urbano
- A3 - Projeto de Infraestrutura e Serviços

B - Energia e Consumo de Recursos

- B1 - Vida total do ciclo de energia não renováveis
- B2 - Pico de demanda elétrica para operações de instalação
- B3 - Uso de materiais
- B4 - Utilização de água potável, águas pluviais e águas negras

C - Cargas Ambientais

- C1 - Emissões de gases de efeito estufa
- C2 - Emissões atmosféricas e outros
- C3 - Resíduos sólidos e líquidos
- C4 - Impactos no sítio
- C5 - Outros impactos regionais

D - Qualidade Ambiental em Interiores

- D1 - Qualidade do Ar Interior e Ventilação
- D2 - Ar, Temperatura e Umidade Relativa
- D3 - Iluminação natural e iluminação
- D4 - Ruído e acústica
- D5 - Controle de emissões eletromagnéticas

E - Qualidade do serviço

- E1 - Segurança e Proteção
- E2 - Funcionalidade e eficiência
- E3 - Controlabilidade
- E4 - Flexibilidade e adaptabilidade
- E5 - Otimização e manutenção da performance operacional ambiental.

F - Sociais, Culturais e Aspectos da Percepção

- F1 - Aspectos Sociais
- F2 - Cultura e Património
- F3 – Percetiva

G Custo e Aspectos Económicos

- G1 - Custo e Economia

SBTool é um sistema de ponderação, pode ser descrito como quase objetivo, e é projetado para encontrar um equilíbrio entre exatidão científica e usabilidade. SBTool segue o princípio geral da separação de cargas e seus impactos; as cargas estão relacionadas com as entradas ou saídas de impactos do projeto, sendo os efeitos sobre os sistemas naturais ou humanos, existindo uma ligação complexa cruzada entre os dois [23].

O SBTool ^{PT} é uma ferramenta que permite a avaliação e a certificação da sustentabilidade de edifícios. A metodologia implementada na ferramenta SBTool ^{PT} tem por base a estrutura do sistema internacional de avaliação da sustentabilidade SBTool, tendo sido desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE (international initiative for the Sustainable Built Environment) e é o resultado da colaboração em consórcio de equipas de mais de 20 países (Europa, Ásia e América). O sistema português é resultado da adaptação do SBTool internacional à realidade Portuguesa, que foi conduzida pela Associação iiSBE Portugal em colaboração com o LFTC-UM e a Ecochoice. Através da utilização desta ferramenta é possível avaliar e classificar o desempenho de um edifício, em relação a dois níveis de referência (adaptados ao contexto nacional): melhor prática e prática convencional [24].

Como características principais desta ferramenta, destaca-se:

- Os resultados são validados a nível internacional por uma organização independente (iiSBE);
- Foi desenvolvido e adaptado ao contexto nacional por uma equipa multidisciplinar com créditos reconhecidos no domínio da construção sustentável;
- A avaliação considera o desempenho dos edifícios ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e económica;
- Apresenta uma lista otimizada de indicadores;
- Encontra-se assente num conjunto de parâmetros e critérios de avaliação de objetivos, o que tem como vantagem o facto gerar resultados iguais quando utilizada por diferentes avaliadores.
- Apresenta um módulo específico para cada tipo de edifícios (habitação, serviços, etc.);

- Encontra-se harmonizada com os trabalhos em curso na CEN/TC 350, que visam a normalização europeia das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios;
- Foi desenvolvida de modo a potenciar a sua utilização por parte das equipas de projeto sem grandes conhecimentos neste contexto e a facilitar a interpretação dos resultados obtidos por parte dos diferentes intervenientes no ciclo de vida dos edifícios.



Figura 19. – Processo de Avaliação e Emissão do certificado de Sustentabilidade SBTTool PT [24]

Há muitos critérios que não podem ser avaliados de acordo com indicadores orientados por dados mas todavia grande importância em um sistema que é projetado para fornecer uma avaliação de sustentabilidade abrangente. Alguns exemplos de tais indicadores incluem "soft" a maioria dos critérios relacionados com a qualidade do serviço e para muitos aspetos sociais, culturais e da preceptiva das questões de desenvolvimento do lugar, mas até mesmo alguns aspetos do consumo de recursos e carregamentos ambientais envolvem julgamentos que são um tanto subjetiva, mesmo que avaliada por peritos. Por esses critérios o sistema de pontuação escalar (veja abaixo) fornece um mecanismo que pode ser associada ao desempenho de uma forma que proporciona um quadro de avaliação que suporte julgamentos que são o mais objetivo possível [23],[25].

- 0: Desempenho mínimo aceitável para as ocupações pertinentes existentes na região, conforme definido pela regulamentos ou, onde não existem regulamentos pertinentes, por consenso da indústria.
- 5: Exigente Performance: Representa uma meta de desempenho que é consideravelmente antes da atual prática. Seleções são responsáveis por definir o que esta meta de desempenho representa, mas deve ser uma que é potencialmente possível com as atuais tecnologias, com

base em razoável extrapolação a partir de práticas atuais, mas sem consideração de custo-eficácia.

- -2: desempenho insatisfatório: Desempenho que é claramente inferior às normas da indústria aceitos. Isto é improvável de ocorrer nos casos em que o valor de referência representa uma exigência do código, mas pode ocorrer em áreas de atuação não abrangidos pelo Regulamento e, especialmente, em projetos de modernização em que não é possível atingir níveis de desempenho atualmente aceitas para novos edifícios.
- 1-4: Níveis de desempenho intermediário: Representam diferentes graus de desempenho entre o primário benchmarks:
 - A pontuação de 1 (um) representa uma melhoria moderada sobre o desempenho benchmark da indústria, por exemplo, " Boas práticas " na região.
 - A pontuação de 3 (três) representam uma melhoria significativa sobre o desempenho benchmark e é compreendida para representar " melhores práticas correntes" na região.

Os indicadores da sustentabilidade ambiental são um conjunto limitado de desempenho absoluto das medidas que caracterizam as práticas de construção sustentável e que facilitam internacional comparabilidade. Existem doze indicadores de sustentabilidade ambiental são avaliados [26],[25] :

- ESI- 1: consumo total líquido de energia incorporada, GJ
- ESI- 2: consumo anual líquido de energia incorporada, MJ
- ESI- 3: consumo anual líquido de energia primária para as operações de construção, MJ
- ESI- 4: consumo anual líquido de energia não renovável para as operações de construção, MJ
- ESI- 5: energia incorporada anualmente primária e funcionamento primário anual de energia, MJ
- ESI- 6: Área útil de terra consumida para a construção de obras relacionadas, m²
- ESI- 7: consumo anual de água potável para as operações de construção, m³
- ESI- 8: uso anual de água cinza e água da chuva para as operações de construção, m³
- ESI- 9: emissões de gases de efeito estufa anuais das operações de construção, normalizados para a área líquida e ocupação, kg. CO₂ equivalente
- ESI- 10 Previsão de CFC-11 vazamento equivalente por ano, gm
- ESI- 11: Peso total de materiais reutilizados no projeto de on- site ou off- site usa, kg.
- ESI- 12: Peso total de novos materiais utilizados no projeto do off-site utiliza kg.

As vantagens da ferramenta SBTool, desde logo se destaca a possibilidade de permitir a avaliação e a certificação da sustentabilidade de edifícios, destacando e promovendo os casos e referência no sector. Para além desta vantagem podemos ainda identificar [24]:

3.3.8. CASBEE

O Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) é uma ferramenta que começou a ser desenvolvida em 2001, na realidade é um conjunto de ferramentas, cada uma delas destinadas a usuários bem-definidos, que podem avaliar o projeto ou edifício existente nas fases específicas do ciclo de vida das construções [27].

CASBEE foi desenvolvido de acordo com as seguintes políticas [28]:

1. O sistema deve ser estruturado com avaliações elevadas de atribuição aos edifícios superiores, aumentando, assim, incentivos para projetistas e outros.
2. O sistema de avaliação deve ser o mais simples possível.
3. O sistema deve ser aplicável a edifícios em uma ampla gama de tipos de construção.
4. O sistema deve levar em consideração as questões e problemas peculiares ao Japão e Ásia.

CASBEE é composto de quatro ferramentas principais de avaliação do ciclo de vida do edifício, existindo ainda ferramentas com fins específicos. Cada ferramenta é destinada para o efeito e usuários específicos, e é projetado para acomodar uma grande variedade de tipos de construção (escritórios, escolas, apartamentos, etc.)

Ferramentas Principais [27]:

- CASBEE de pré- projeto é uma ferramenta com objetivo de auxiliar o dono de obra, projetistas e outros envolvidos na fase de planeamento do projeto e pré-projecto. Ele tem duas funções principais:
 1. Auxiliar a compreensão das questões dos impactes ambiental básico do projeto e selecionar um local adequado.
 2. Para avaliar o desempenho ambiental do projeto na fase de pré-projecto.
- CASBEE para novas construções é um sistema de verificação e autoavaliação que permite que arquitetos e engenheiros estimem o valor durante o processo de projeto. Ele faz avaliações com base na especificação do projeto e do desempenho esperado. Também podem servir como uma ferramenta de etiquetagem quando o edifício é submetido a peritagem de terceiros.
- CASBEE para Construções Existentes é uma ferramenta de avaliação para edifícios já existentes, com base em registos de funcionamento, pelo menos um ano após a conclusão. Ele foi desenvolvido para ser aplicável a avaliação de ativos também.
- CASBEE para Renovação esta ferramenta pode ser usada para gerar propostas para a construção de monitoramento das operações.

Outras Ferramentas com fins específicos [27]:

- CASBEE para habitações unifamiliares (para a construção nova, para construção existente)
- CASBEE para construção temporária
- CASBEE versões Breves
- CASBEE para Ilha de Calor
- CASBEE de Desenvolvimento Urbano
- CASBEE para Cidades

CASBEE centra-se em dois pontos, espaços internos e externos, a divisão é feita pelo limite hipotético, que é definida pelo perímetro do local, e outros elementos, com dois fatores relacionados, são definidos a seguir como Q e L, são as principais categorias, avaliadas separadamente.

Q: Qualidade Meio Ambiente - Avalia "melhoria na amenidade vida para os usuários de construção, dentro do espaço hipotético fechado (a propriedade privada)."

L: Carga Ambiente - Avalia "aspectos negativos do impacto ambiental que vão além do espaço hipotético fechado para o exterior (a propriedade pública)."

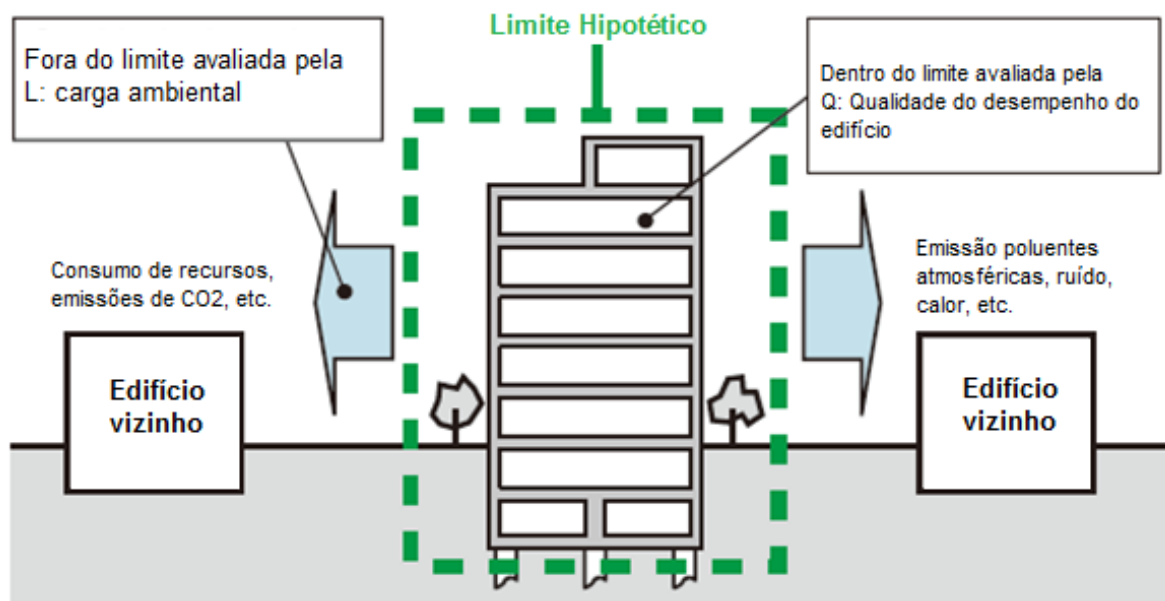


Figura 20. – Divisão das categorias de avaliação [27]

O conceito de Eco-eficiência foi introduzido para CASBEE para permitir a avaliação integrada dos dois fatores. Eco-Eficiência é normalmente definida como (benéfico saída) / (entrada + saída de não-benéfica) este novo modelo de eficiência ambiente pode ser estendido para definir Building Environment Efficiency (BEE), que CASBEE utiliza como indicador de avaliação [28].

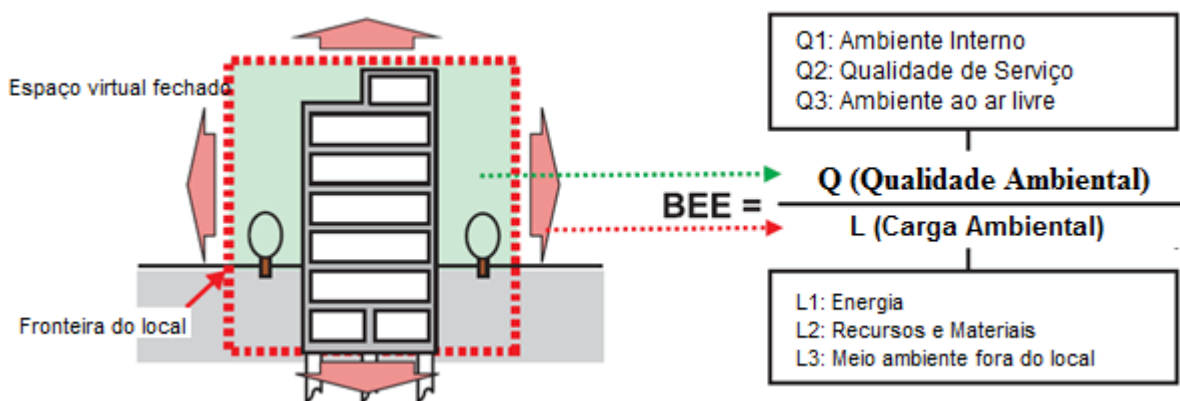


Figura 21 – Formula BEE [27]

O uso de BEE proporciona uma apresentação mais simples e clara da construção de resultados de avaliação de desempenho ambiental. Valores BEE estão representados no gráfico traçando L no eixo x e Q no eixo y. O resultado da avaliação de valor BEE é expressa como a inclinação da reta que passa pela origem (0,0). A figura mostra como os resultados da avaliação de edifícios pode ser classificado em um diagrama como classe C (pobres), classe B-, classe B +, classe A e classe S (excelente), em ordem crescente de valor BEE.

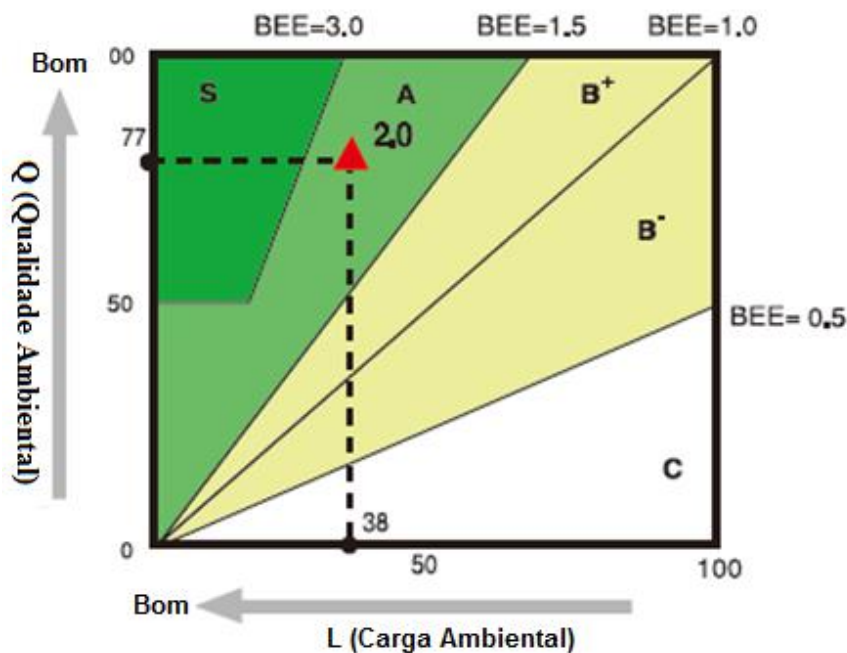


Figura 22 - Diagrama da eficiência ambiente (BEE) [27]

Para operar o sistema, o avaliador preenche duas formas de avaliação em cada fase do projeto: a folha principal e a Folha de Pontuação. Os resultados da avaliação de cada um dos itens de avaliação são dados como pontuação para Q; (qualidade ambiente) e LR (redução da cargas ambientais). Neste ponto, o LR não é o fator L (cargas ambientais), mas o nível de desempenho na minimização da carga ambiente construído imposta fora do limite hipotético [28].

A folha de pontuação é dividida em seções que representam as categorias de avaliação. Com base na reestruturação de itens de avaliação, Q (Qualidade Ambiente) é dividido em três categorias de Q1 (Ambiente Interno), Q2 (Qualidade dos serviços) e Q3 (Ambiente exterior). LR (Redução de Cargas ambientais do edifício) também é sub- agrupados em LR1 (Energia), LR2 (Recursos e Materiais) e LR3 (Ambiente fora do terreno).

As pontuações são dadas com base nos critérios de pontuação para cada item de avaliação. Estes critérios aplicados às avaliações são determinados levando-se em consideração o nível das normas técnicas e sociais no momento da avaliação. Ponderação de cada item de avaliação, tal como Q1, Q2 e Q3, é ponderado de modo a que todos os coeficientes de ponderação dentro da soma categoria de avaliação Q até 1,0. A pontuação para cada item de avaliação são multiplicados pelo coeficiente de ponderação, estes resultados são resumidos na forma de um gráfico de radar, gráficos de barras e os valores numéricos. A escala de avaliação para Q e LR varia de 1 a 5. Como SQ representa a pontuação da categoria Q, o numerador Q é derivada de SQ, da mesma forma, que denominador L é calculado a partir de SLR, logo o indicador de eficiência ambiental BEE é obtido da seguinte forma [28]:

$$BEE = Q / L = 25 * (SQ - 1) / 25 * (5 - SLR)$$

SQ = Pontuação para a categoria Q

SLR = Pontuação para a categoria LR

Tabela 5 – Classificação BEE [27]

Designação	Avaliação	Valor BEE , etc.	Expressão
S	Excelente	$BEE \geq 3.0$. $Q \geq 50$	★★★★★
A	Muito bom	$3.0 > BEE \geq 1.5$	★★★★
B ⁺	Bom	$1.5 > BEE \geq 1.0$	★★★
B ⁻	Ligeiramente pobre	$1.0 > BEE \geq 0.5$	★★
C	Pobre	$BEE < 0.5$	★

BEE é apresentado como um gráfico do lado esquerdo, com Q no eixo Y e L no eixo X, de modo que BEE é a inclinação da linha que une o ponto com coordenadas iguais ao Q e L valores à origem ($Q = 0$, $G = 0$). Quanto maior for o valor de Q e quanto menor for o valor de L, mais íngreme do gradiente e o mais classificação da avaliação do desempenho do C (pobre) a B⁻, B⁺, A e S (excelente), correspondendo a regiões divididas de acordo com o gradiente de linha [28].

CASBEE for New Construction					
XX building					
(4) Score Sheet		Preliminary Design Stage			
Concerned categories	Brief summary of Design for Environment	Entire Building and Common Properties		Residential and Accommodation sections	
		Score	weighting coefficients	Score	weighting coefficients
Q Building Environmental Quality & Performance					3.0
Q.1 Indoor Environment			0.40		3.0
1 Noise & Acoustics		3.0	0.15	-	3.0
1.1 Noise					
1 1 Background noise		3.0	-	3.0	-
2 Equipment noise			-		-
1.2 Sound Insulation		3.0	0.70		-
1 Sound Insulation of Openings		3.0	0.60	3.0	-
2 Sound Insulation of Partition Walls		3.0	0.40	3.0	-

Figura 23 -Folha de Pontuação [29]

3.3.9. DIFERENÇAS ENTRE OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO

O principal objetivo da Tabela 6 é sumariar os principais sistemas de avaliação, destacando os aspetos e a respetiva estrutura de análise, indicar o tipo de edificação e as respetivas fases de avaliação do ciclo de vida a que são aplicados, metodologia de avaliação e certificação utilizada.

A realização desta tabela síntese é de extrema importância para selecionar e guiar trabalhos futuros, que pretendem aplicar um destes sistemas de avaliação e certificação.

a) Sistemas LiderA, LEED, BREEM e HQE

Tabela 6 – Resumo dos principais sistemas de avaliação

	LiderA	LEED	BREEAM	HQE
Aspetos analisados	- Ambientais	- Ambientais	- Ambientais	- Ambientais
	- Sociais			- Sociais
	- Económicos			
Fases ACV	- Conceção (ideia, projeto)	- Conceção (ideia, projeto)	- Conceção (ideia, projeto)	- Conceção (ideia, projeto)
	- Construção	- Construção	- Construção	- Construção
	- Operação	- Operação	- Operação	- Operação
	- Demolição			- Demolição
Sistemas / tipo de Construção	- Todo o tipo de edifícios	- Projeto de edifício mais construção	- Habitações	- Edifícios Residenciais
		- Projeto de interiores e construção	- Edifícios de escritórios	- Edifícios não Residenciais
		- Operações de Construção e Manutenção	- Unidades industriais	- Edifícios não Residenciais em operação
		- Desenvolvimento bairro	- Edifícios de comerciais	- Planeamento Sustentável
		- Habitações	- Sistema aberto aplicado a várias tipologias	
Principal estrutura de avaliação	- Integração do Local	- Processo de integração	- Energia	- Poupança energética
	- Recursos	- Localização e transportes	- Gestão	- Saúde e Segurança
	- Cargas Ambientais	- Materiais e recursos	- Saúde e bem-estar	- Conforto
	- Conforto Ambiental	- Eficiência de água	- Transportes	- Ambiente
	- Vivências Socioeconómicas	- Energia e atmosfera	- Materiais	
	- Uso Sustentável	- Locais sustentáveis	- Resíduos	
		- Qualidade ambiental interior	- Poluição	
		- Inovação	- Uso da Terra	
		- Créditos prioritários regionais	- Ecologia	
		- Inteligência da localização e ligação		
		- Padrão do bairro		
		- Infraestruturas de edifícios verdes		
Metodologia de Avaliação	Por ponderação, a cada categoria é atribuída uma percentagem.	Pontuação. Categorias têm pesos idênticos, mas o número de itens em cada categoria varia.	Ponderação, o número de créditos obtidos é multiplicado por um fator de ponderação.	Tem de obedecer a um perfil ambiental previamente definido pelo empreendedor em cada fase do empreendimento.

Certificação	Sim, classificado em classes G até A+++ (crescente).	Sim, existe quatro níveis de certificação.	Sim, existem cinco níveis de certificação, classificados 1 até 5 estrelas.	Sim, existem três níveis possíveis de desempenho: Base, Preformante e muito Preformante.
---------------------	--	--	--	--

b) Sistemas CEEQUAL, NABERS, GBC-GBTool e CASBEE

	CEEQUAL	NABERS	GBC - GBTool	CASBEE
Aspetos analisados	- Ambientais - Sociais	- Ambientais	- Ambientais - Económicos	- Ambientais
Fases ACV	- Conceção (ideia, projeto) - Construção - Operação - Demolição	- Operação	- Conceção (ideia, projeto) - Construção - Operação	- Conceção (ideia, projeto) - Construção - Operação
Sistemas / tipo de Construção	- Projetos, aplicável a todo tipo de construções. - Contratos a prazo, aplicado a construções de domínio publico.	- Escritórios - Centros comerciais - Hotéis - Casas	Aplicado a edifício existentes e novas construções: - Edifícios Residenciais - Edifícios não Residenciais - Edifícios Comerciais	Aplicado a novas construções, existentes ou renovação: - Habitações - Construções temporárias - Ilhas de calor - Desenvolvimento urbano - Cidades
Principal estrutura de avaliação	Projetos: - Estratégia de Projetos - Gestão de Projetos - Pessoas e Comunidades - Uso do Solo e da paisagem - Ambiente Histórico - Ecologia e Biodiversidade - Meio Ambiente Aquático - Recursos Físicos, Uso e Gestão - Transporte Contrato a prazo: - Gestão de Contratos - Uso da Terra	- Energia - Hídricos - Resíduos - Ambiente Interior	Crítérios analisados na fase de pré-projeto: - Localização do lugar, serviços disponíveis e características do local Crítérios analisados na fase de projeto, construção e operação: - Regeneração e desenvolvimento do lugar, projeto urbano e Infraestrutura - Energia e Consumo de Recursos - Cargas Ambientais - Qualidade Ambiental em Interiores - Qualidade do serviço - Sociais, Culturais e Aspectos da Percepção	- Ambiente interno - Qualidade dos serviços - Ambiente externo (dentro do terreno) - Energia - Recursos e materiais - Ambiente externo (fora do terreno)

	- Questões Paisagísticas		- Custo e Aspetos Económicos	
	- Ecologia e Biodiversidade			
	- Ambiente Histórico			
	- Questões da água			
	- Energia e Carbono			
	- Utilização de materiais			
	- Gestão de Resíduos			
	- Transporte			
	- Efeitos sobre vizinhos			
	- Relações com a comunidade local			

Metodologia de Avaliação	Ponderação que reflete a contribuição de cada secção.	Método comparativo com outras construções existente nas mesmas circunstâncias.	Escala de desempenho (-2 a +5) e pesos declarados personalizáveis.	Ponderação, o número de pontos obtidos é multiplicado por um fator de ponderação.
---------------------------------	---	--	--	---

Certificação	Sim, existem quatro níveis de certificação: aprovado, bom, muito bom e excelente.	Sim, existem seis níveis de certificação, classificados 1 ate 6 estrelas.	Sim, Pontuação global de desempenho + perfis de desempenho por categoria + indicadores de sustentabilidade	Sim, existe cinco níveis de certificação, classificados 1 ate 5 estrelas
---------------------	---	---	--	--

3.4. NORMALIZAÇÃO

Atualmente existe uma diversificada legislação publicada, que regulamenta as atividades relacionadas com a sustentabilidade na construção, obtendo desta forma uma substancial melhoria dos três pilares durante todo o ciclo de vida das edificações.

Abaixo descrevem-se as normas mais importantes e relevantes para atingir o objetivo da sustentabilidade na construção, apesar de existirem várias normas que complementam e interagem com estas.

3.4.1. CEN

CEN (European Committee for Standardization) é uma associação que interliga organizações de normalização de 33 países europeus, responsável pela normalização a nível europeu juntamente com CENELEC e ETSI, que foram reconhecidos pela União Europeia e pela Associação Europeia de Comércio Livre (EFTA) [30].

As Normas CEN tem como objetivo harmonizar as especificações técnicas dos produtos e serviços, tornando os negócios mais eficiente, e de tranquilizar os consumidores de que os produtos são seguros para uso e que respeitam o meio ambiente.

Como a aplicação destas normas consegue-se obter benefícios tecnológicos, económicos e sociais, são desenvolvidas por equipas especializadas com conhecimento específico do sector ou tema específico, como ar do espaço, produtos químicos, construção, produtos de consumo, defesa e segurança, energia, meio ambiente, alimentação humana e animal, saúde e segurança, a saúde, as TIC [30].

3.4.1.1. CEN/TC350 - Sustentabilidade das obras de construção

CEN / TC 350 é responsável pelo desenvolvimento de métodos uniformizados para a avaliação dos aspetos de sustentabilidade das construções e das normas para a declaração ambiental dos produtos de construção.

As normas elaboradas por este comité tem como objetivo harmonizar a avaliação ambiental dos edifícios e do desempenho de custo do ciclo de vida das edificações, bem como quantificar os aspetos de saúde e conforto dos edifícios.

O comité técnico CEN 350 iniciou atividade em 2005, dividido em sete grupos [30] :

- CEN / TC 350: Quadro de avaliação de edifícios
- WG1: Desempenho ambiental dos edifícios
- WG2: Descrição do ciclo de vida do edifício
- WG3: Nível do Produto (EPD de, formatos de comunicação etc.)
- WG4: Avaliação de desempenho Económico dos Edifícios
- WG5: Avaliação de desempenho Social dos Edifícios
- WG6: Obras de Engenharia Civil

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e fornecer uma metodologia de indicadores para avaliação da sustentabilidade de edifícios, utilizando uma abordagem de ciclo de vida a longo prazo de forma transparente, tendo em atenção os indicadores quantificáveis do desempenho ambiental, social e económico dos edifícios. Em resposta as necessidades da sustentabilidade na construção este comité desenvolveu varias normas:

- CEN/TR 15941:2010 Sustentabilidade das obras de construção – Declarações Ambientais de Produtos - Metodologia para a seleção e utilização de dados genéricos.

Este Relatório Técnico apoia o desenvolvimento da EPD's. Auxilia na utilização de dados genéricos de acordo com as principais regras de categoria de produto durante a preparação do EPD dos produtos de construção, processos e serviços de uma forma consistente, e também na aplicação de dados genéricos na avaliação de edifícios de acordo com o desempenho ambiental EN 15978:2011. Os requisitos para o uso de dados genéricos são descritos em EN 15804:2012 + A1:2013 [30],[31].

- EN 15643-1:2010, Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação de Sustentabilidade de edifícios - Quadro Geral.

Fornece os princípios e normas gerais, expressos através de uma série de normas, para a avaliação de edifícios em termos de desempenho ambiental, social e económico, tendo em conta as características técnicas e funcionalidades de um edifício. A avaliação irá quantificar a contribuição das obras avaliadas para a construção sustentável e desenvolvimento sustentável. O quadro se aplica-se a todos os tipos de edifícios e é relevante para a avaliação do desempenho ambiental, social e económico de novos edifícios ao longo de todo seu ciclo de vida, e de edifícios existentes sobre sua vida útil remanescente e no final do estágio de vida [31].

- EN 15643-2:2011, Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação de edifícios - Quadro para a avaliação do desempenho ambiental.

Fornece os princípios e normas para a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios tendo em conta as características técnicas e funcionalidades de um edifício específicos. Avaliação do desempenho ambiental é um aspeto da avaliação de sustentabilidade de edifícios no âmbito do quadro geral EN 15643-1. O quadro aplica-se a todos os tipos de edifícios e é relevante para a avaliação do desempenho ambiental de novos edifícios ao longo de todo seu ciclo de vida, e de edifícios existentes sobre a sua vida útil remanescente e no final do estágio de vida. Nesta série de normas, a dimensão ambiental da sustentabilidade limita-se à avaliação de impactos ambientais e aspetos de um edifício sobre o meio ambiente local, regional e global [31].

- EN 15643-3:2012 Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação de edifícios - Quadro para a avaliação do desempenho social.

Fornece os princípios e normas para a avaliação do desempenho social de edifícios tendo em conta as características técnicas e funcionalidades de um edifício específicos. Avaliação do desempenho social é um aspeto da avaliação de sustentabilidade de edifícios no âmbito do quadro geral NP 15643-1. O quadro se aplica a todos os tipos de edifícios, novos e existentes, e é relevante para a avaliação do desempenho social das novas construções sobre todas as fases do seu ciclo de vida, e de edifícios existentes para o seu fim de vida [31].

- EN 15643-4:2012, Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação de edifícios - Quadro para a avaliação do desempenho económico.

Fornece princípios e normas para a avaliação do desempenho económico dos edifícios tendo em conta as características técnicas e funcionalidades de um edifício específicos. Avaliação do desempenho económico é um aspeto da avaliação de sustentabilidade de edifícios no âmbito do quadro geral da NP 15643-1. O quadro se aplica a todos os tipos de edifícios, e é relevante para a avaliação do desempenho económico de novos edifícios mais de seu ciclo de vida, bem como os edifícios existentes mais de sua vida útil remanescente [31].

- EN 15978:2011 Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação do desempenho ambiental dos edifícios - Métodos de Cálculo.

Esta Norma Europeia especifica o método de cálculo, com base na ACV e outro, quantificando a informação ambiental, deste modo avaliar o desempenho ambiental de um edifício. A norma é aplicável a edifícios novos, existentes e projetos de remodelação. A abordagem para a avaliação abrange todas as fases do ciclo de vida do edifício e se baseia em dados obtidos a partir de EPD, seus "módulos de informação" contidos na EN 15804 e outras informações relevante necessárias para a realização da avaliação. A avaliação inclui todos os produtos de construção relacionados com a construção, processos e serviços, utilizados durante o ciclo de vida do edifício [31].

- EN 15804:2012+A1:2013 Sustentabilidade das obras de construção - Declaração Ambiental de Produto - Regras fundamentais para a categoria de produto de construção.

Esta norma europeia fornece PCR (regras das categorias dos produtos) declarações ambientais para qualquer produto e serviço de construção. A avaliação dos desempenhos sociais e económicos a nível do produto não está coberto por esta norma. A PCR tem como objetivo:

- Define os parâmetros a ser declarados e a forma em que são recolhidos e relatados,
- Descrever as etapas do ciclo de vida de um produto a ser considerado na EPD e quais processos devem ser incluídas nas fases do ciclo de vida,
- Define regras para o desenvolvimento de cenários,
- Inclui as regras para o cálculo do Inventário do Ciclo de Vida e da avaliação de impacto do ciclo de vida subjacente à EPD, incluindo a especificação da qualidade dos dados a serem aplicados,
- Inclui as regras para a comunicação ambiental e de saúde, que não é coberto pela ACV para um produto, processo de construção e serviços de construção,
- Define as condições em que os produtos de construção podem ser comparados com base nas informações fornecidas pela EPD. Para o EPD de serviços de construção aplica-se as mesmas regras e exigências aplicáveis EPD dos produtos de construção [30].

- EN 15942:2011 Sustentabilidade das obras de construção - EPD - Formato de comunicação entre negócios.

A presente Norma é aplicável a todos os produtos e serviços relacionados com edifícios e obras de construção. Ele especifica e descreve o formato de comunicação para as informações definidas na EN 15804 para comunicação entre negócios para garantir um entendimento comum através de uma comunicação consistente de informações [31].

- EN 16309:2014 Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação do desempenho social dos edifícios - metodologia de cálculo.

Esta Norma Europeia é uma parte de um conjunto de normas europeias. A norma fornece os métodos e requisitos específicos para a avaliação do desempenho social de um edifício, tendo em conta as características da construção e funcionalidade e técnicas. A presente norma aplica-se a todos os tipos de edifícios, novos e existentes. Nesta primeira versão, a dimensão social da sustentabilidade concentra-se na avaliação de aspetos e impactos para a fase utilização de um edifício [31].

Normas em fase de aprovação:

- prEN 16627 Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação do desempenho económico dos edifícios - Método de cálculo.

Esta Norma Europeia especifica o método de cálculo, com base na ACV e outras informações económicas quantificadas, para avaliar o desempenho económico de um edifício, e dá os meios e resultado da avaliação para a comunicação. A presente Norma é aplicável a edifícios novos e existentes e projetos de remodelação. Esta Norma Europeia dá [30] :

- Descrição do objeto de avaliação,
- Fronteira do sistema que se aplica ao nível de construção,
- Procedimento a ser utilizado para a análise de inventário,
- Lista de indicadores e procedimentos para o cálculo destes indicadores,

- Requisitos para a apresentação dos resultados em relatórios e comunicação,
- Requisitos para os dados necessários para o cálculo.

A abordagem para a avaliação abrange todas as fases do ciclo de vida do edifício e inclui todos os produtos relacionados com a construção, processos e serviços, utilizados durante o ciclo de vida do edifício. A interpretação e juízo de valor sobre os resultados da avaliação não estão dentro do âmbito desta Norma Europeia.

Tabela 7 – Síntese da CEN/TC350 - Sustentabilidade das obras de construção

Norma	Título	Aplicabilidade	Observação
CEN/TR 15941:2010	Declarações Ambientais de Produtos	Metodologia para a seleção e utilização de dados genéricos	Relatório Técnico que apoia o desenvolvimento da EPD's
EN 15643-1:2010	Avaliação de Sustentabilidade de edifícios	Quadro Geral de	Fornece os princípios e normas gerais
EN 15643-2:2011	Avaliação de edifícios	Quadro para a avaliação do desempenho ambiental	Fornece os princípios e normas para a avaliação do desempenho
EN 15643-3:2012	Avaliação de edifícios	Quadro para a avaliação do desempenho social.	Fornece os princípios e normas para a avaliação do desempenho
EN 15643-4:2012	Avaliação de edifícios	Quadro para a avaliação do desempenho económico	Fornece os princípios e normas para a avaliação do desempenho
EN 15978:2011	Avaliação de desempenho ambiental dos edifícios	do Métodos de Cálculo	Esta Norma Europeia especifica o método de cálculo
EN 15804:2012+A1:2013	Declaração Ambiental de Produto	Regras fundamentais para a categoria de produto de construção	Esta norma europeia fornece PCR (regras das categorias dos produtos) declarações ambientais para qualquer produto e serviço de construção
EN 15942:2011	Declaração Ambiental de Produto	Formato de comunicação entre negócios	Aplicável a todos os produtos e serviços relacionados com edifícios e obras de construção
EN 16309:2014	Avaliação de desempenho social dos edifícios	do Metodologia de cálculo	Fornece os métodos e requisitos específicos para a avaliação do desempenho social de um edifício
Ø prEN 16627	Avaliação de desempenho económico dos edifícios	do Método de cálculo	Especifica o método de cálculo, com base na ACV e outras informações económicas quantificadas

3.4.2. ISO

ISO (International Organization for Standardization) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização. A preparação das normas internacionais é normalmente realizado através de comitês técnicos da ISO, tem uma adesão de 164 organismos nacionais de normalização de países em todas as regiões do mundo [32].

As normas ISO tem uma contribuição positiva para o mundo em que vivemos em termos económicos, sociais e ambientais, sendo portanto uma ferramenta estratégica que proporciona um melhor conhecimento do comércio, facilitando a introdução dos avanços inovadores da tecnologia, e

compartilha as boas práticas de gestão e de avaliação de conformidade, em diversos sectores de atividades como a agricultura, construção, engenharia mecânica, produção, distribuição, transporte, tecnologias de saúde, informação e comunicação, o ambiente, a energia, a segurança e a gestão da qualidade e serviços.

3.5.2.1 ISO/TC59/SC17 - Sustentabilidade do ambiente construído

No sector da construção no domínio da sustentabilidade do ambiente construído destaca-se o comité da ISO/TC59/SC17 o qual faz a normalização, ajudando desta forma a melhorar os aspetos ambientais, económicos, sociais, a qual esta dividida por cinco grupos de trabalho [33] :

- WG 1 - Princípios Gerais e Terminologia
- WG 2 - Indicadores de Sustentabilidade
- WG 3 - Declarações Ambientais de Produtos de Construção
- WG 4 - Quadro de Avaliação do Desempenho Ambiental de Edifícios
- WG 5 - Indicadores de Sustentabilidade para obras de engenharia civil

A realização destes trabalhos resultou no desenvolvimento de varias ISO para auxiliar e normalizar a sustentabilidade na construção de forma a melhorar os pilares da sustentabilidade.

- ISO 15392:2008, identifica e estabelece os princípios gerais para a sustentabilidade na construção civil, baseando-se no conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que se aplica ao ciclo de vida dos edifícios e outras obras de construção, desde o seu início até o fim da vida. Esta ISO é aplicável aos edifícios e outras obras de construção individual e coletiva, bem como para os materiais, produtos, serviços e processos relacionados com o ciclo de vida dos edifícios e outras obras de construção, ela não fornecer níveis (benchmarks) que sirvam como base para avaliação da sustentabilidade, mas sim define o desenvolvimento sustentável de edifícios e outras obras de construção, traduzindo o desempenho necessário como impacto ambiental mínimo adverso, incentivando melhorias nos aspetos sociais, culturais e económicos a nível local, regional e global [33].
- ISO 21929-1:2011, anula e substitui a norma ISO / TS 21929-1:2006, que tem sido tecnicamente revisto. Esta tem como finalidade estabelece um conjunto básico de indicadores a ter em conta na utilização e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para avaliar o desempenho de sustentabilidade dos edifícios novos ou já existentes, relacionados com a sua conceção, construção, operação, manutenção, renovação e final de vida. Esta ISO segue os princípios estabelecidos na ISO 15392 e, quando necessário, deve ser utilizado em conjunto com os princípios estabelecidos na, ISO 26000, ISO 14040 e da família de normas internacionais que inclui ISO 14020, ISO 14021, ISO 14024 e ISO 14025.

ISO 21929-1:2011 adapta os princípios gerais de sustentabilidade para edifícios; inclui uma estrutura para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para uso na avaliação dos impactos económicos, ambientais e sociais de edifícios; determina os aspetos a serem considerados na definição de um conjunto de indicadores de sustentabilidade para edifícios; estabelece um conjunto de indicadores; descreve como utilizar indicadores de sustentabilidade; e dá as regras para o estabelecimento de um sistema de indicadores [32],[33].

- ISO 21930:2007, fornece os princípios e requisitos das declarações ambientais de produtos de construção. Ela contém as especificações e requisitos para o EPD de produtos de construção.

Onde esta Norma contém os requisitos mais específicos, e complementa ISO 14025 para o EPD de produtos de construção. Fornece uma estrutura para os requisitos básicos e regras de categoria de produtos, conforme definido na ISO 14025 para tipo III declarações ambientais de produtos de construção. A ISO 21930:2007 não define requisitos para o desenvolvimento de programas de declaração ambiental tipo III estes são encontrados na ISO 14025, o ambiente de trabalho não está incluído na ISO 21930:2007, porque é normalmente é um assunto para a legislação nacional [33].

- ISO 21931-1:2010, fornece um quadro geral para melhorar a qualidade e a comparabilidade dos métodos de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios e suas obras externas relacionadas. Identifica e descreve as questões a ter em conta na utilização e desenvolvimento de métodos de avaliação do desempenho ambiental para edifícios novos ou existentes em seu projeto, construção, operação, manutenção e remodelação, e nos estágios de desconstrução [33].

Tabela 8 – Quadro síntese da ISO/TC59/SC17 - Sustentabilidade do ambiente construído

Norma	Título	Aplicabilidade	Observação
ISO 15392:2008	Identifica e estabelece os princípios gerais para a sustentabilidade na construção civil	Aplica-se ao ciclo de vida dos edifícios e outras obras de construção, desde o seu início até o fim da vida	Aplicável aos edifícios e outras obras de construção individual e coletiva, bem como para os materiais, produtos, serviços e processos relacionados com o ciclo de vida dos edifícios e outras obras de construção
ISO 21929-1:2011	Conjunto básico de indicadores	Avalia o desempenho de sustentabilidade dos edifícios novos ou já existentes, relacionados com a sua conceção, construção, operação, manutenção, renovação e final de vida	Anula e substitui a norma ISO / TS 21929-1:2006
ISO 21930:2007	Princípios e requisitos das declarações ambientais de produtos de construção	Contém as especificações e requisitos para o EPD	Esta Norma contém os requisitos mais específicos, e complementa ISO 14025
ISO 21931-1:2010	Quadro geral	Melhorar a qualidade e a comparabilidade dos métodos de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios e suas obras externas relacionadas	Identifica e descreve as questões a ter em conta na utilização e desenvolvimento de métodos de avaliação do desempenho ambiental

4

METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

4.1. METODOLOGIA ACV

4.1.1. INTRODUÇÃO

A análise do ciclo de vida ACV é uma metodologia analítica cujo objetivo é avaliar o conteúdo em recursos e os impactos ambientais associados ao ciclo de vida de um produto manufaturado. As aplicações mais importantes das ferramentas ACV são [34]:

- Análise da contribuição das diversas fases do ciclo de vida para o impacto ambiental global. Esta aplicação tem como objetivo a definição de prioridades nos processos de seleção de materiais ou produtos;
- Comparação entre produtos para comunicação interna ou externa.

As metodologias ACV foram desenvolvidas e são utilizadas há alguns anos, mas só foram normalizadas na segunda metade dos anos 90, pela International Organization for Standardization (ISO 14040). Inicialmente muitos pensavam que o ACV poderia ser uma boa ferramenta para suportar as qualidades ambientais de um produto em campanhas de marketing.

No entanto, com o passar dos anos foi ficando evidente que esta não era a melhor aplicação do ACV [35]. Apesar de ser claramente importante comunicar os resultados de ACV, de uma forma criteriosa e bem balanceada, estas ferramentas revelam-se extremamente úteis para a otimização dos processos produtivos das empresas, desde a extração das matérias-primas até ao produto final.

Nos últimos anos, a avaliação do desempenho ambiental dos produtos, assente na totalidade do seu ciclo de vida, tornou-se um aspeto fundamental nas novas políticas ambientais.

Outros aspetos que têm catalisado a importância das ferramentas ACV são os relatórios de sustentabilidade das empresas, a avaliação da sustentabilidade da construção e, nos últimos anos, o desenvolvimento das EPD's. Estas ferramentas passaram a ser fundamentais para a avaliação do desempenho ambiental das empresas, em relação às diversas categorias de impacto ambiental, e essenciais para a comunicação de resultados. De acordo com a revista "Fortune", a maioria das 500 melhores empresas mundiais comunica a sustentabilidade dos seus processos [35].

A análise de ciclo de vida assenta basicamente na avaliação de aspetos quantitativos, que incluem os fluxos de materiais e de energia e tem-se tornado numa base científica para os novos conceitos mencionados anteriormente. Na maior parte dos casos, as ferramentas ACV fornecem os dados

necessários às discussões internas e externas e comunicação de resultados. Só conhecendo as metodologias ACV é que se está apto para comunicar os impactos ambientais dos produtos e dos processos produtivos [34].

4.1.2. FASES DE AVALIAÇÃO

A Avaliação de Ciclo de Vida apresenta ainda três variantes, em função das fases de ciclo de vida que são estudadas: cradle-to-grave (“do berço à sepultura”); cradle-to-gate (“do berço à porta”); e cradle-to-cradle (“do berço ao berço”).

Uma análise cradle-to-grave (“do berço à sepultura”) inclui a totalidade do ciclo de vida de um produto, desde a extração das matérias-primas (“berço”) até à fase de deposição (“sepultura”), passando pela fase de utilização. Numa análise cradle-to-gate (“do berço à porta”) só se considera uma parte do ciclo de vida do produto, àquela que vai desde a extração (“berço”) até à porta da fábrica, isto é, engloba todos os processos anteriores ao seu transporte até ao consumidor final. A fase de utilização e deposição de um produto são geralmente omissas. Este tipo de avaliação está geralmente na base das Declarações Ambientais de Produto (EPD’s). A análise cradle-to-cradle (“do berço ao berço”) é uma variante da análise cradle-to-grave, na qual a última fase do ciclo de vida de um produto corresponde a um processo de reciclagem. A Figura 27 representa esquematicamente as fases de ciclo de vida incluídas em cada uma das três variantes de análise.

As metodologias ACV abordam detalhadamente a dimensão ambiental, através da avaliação do desempenho da solução ao nível de algumas categorias de impacto ambiental, mas na maior parte das vezes não abordam as outras dimensões do desenvolvimento sustentável. No entanto existem algumas metodologias ACV mais completas que incluem o desempenho económico na avaliação [34].

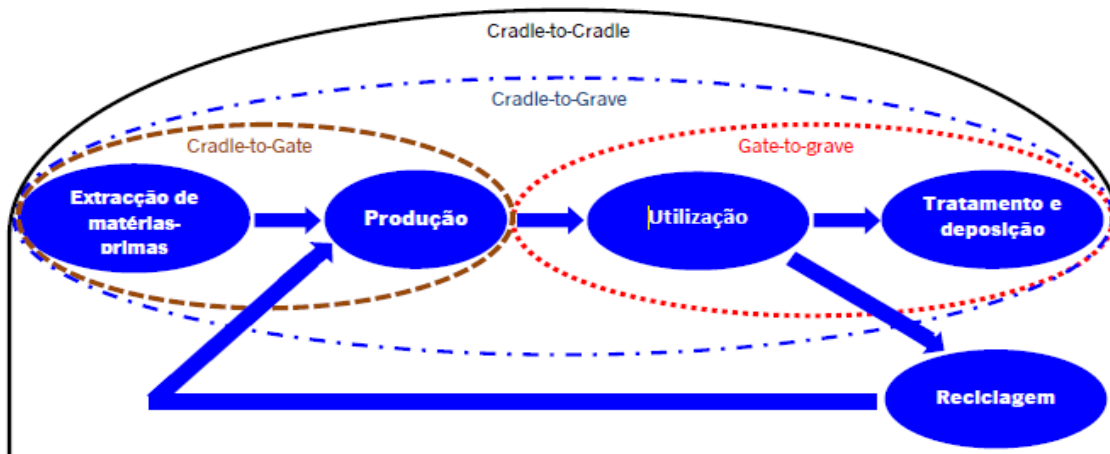


Figura 24 - Fases da ACV em cada uma das três variantes

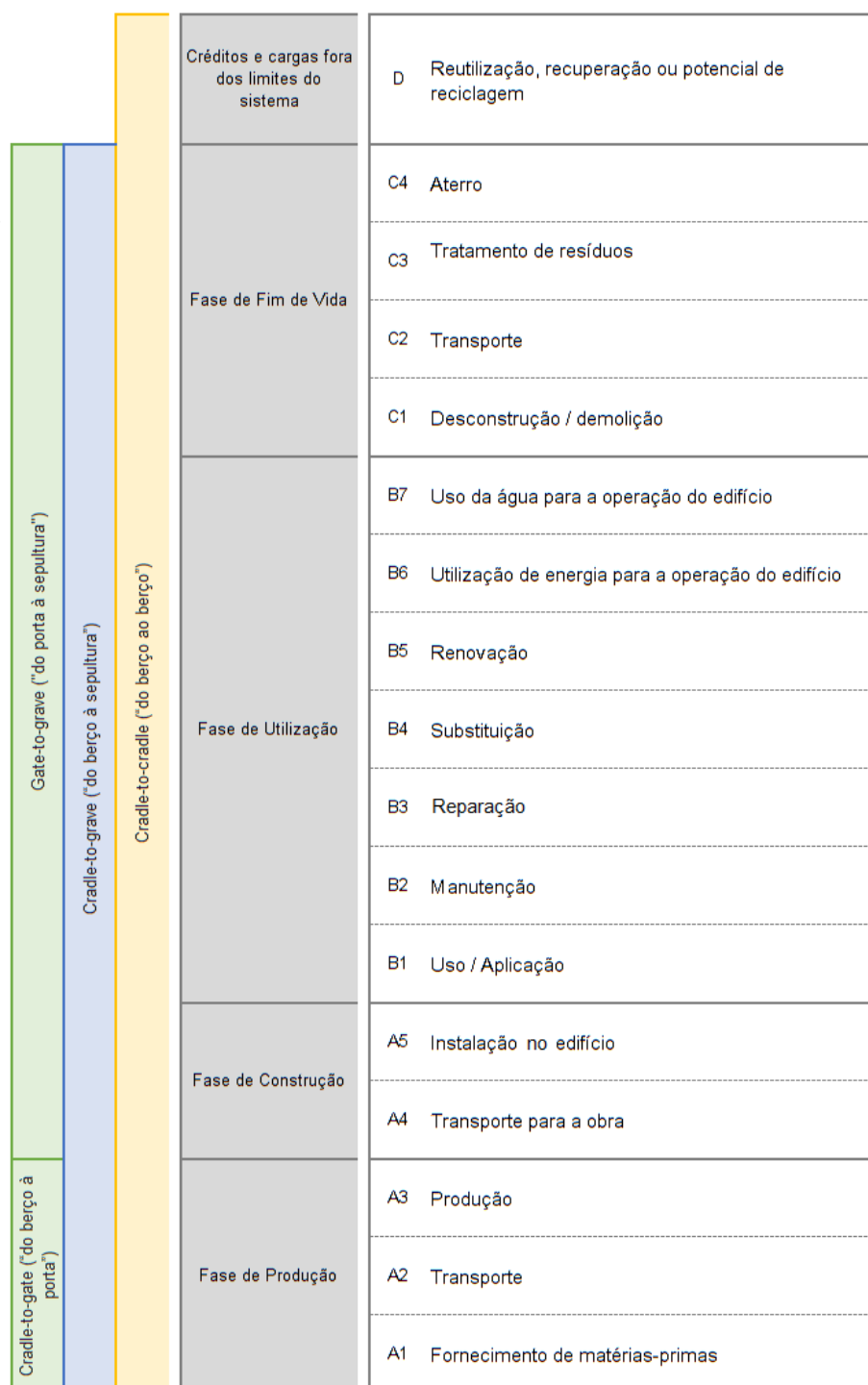


Figura 25 – Processos que engloba cada Fase da ACV

4.2. DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO (EPD)

O desenvolvimento das Declarações Ambientais de Produto (EPD's) tem vindo a ser um campo importante de aplicação das metodologias LCA. Por exemplo, em alguns países e sectores já existem centenas ou até milhares de produtos que apresentam a mencionada declaração. A declaração geralmente consiste na listagem dos resultados obtidos em cada uma das categorias de impacto ambiental estudadas. As EPD's são uma boa fonte para a quantificação do desempenho ambiental dos materiais e produtos.

As EPD's são um sistema voluntário de descrição do desempenho ambiental de produtos e são uma boa fonte para a quantificação do desempenho ambiental de materiais e produtos. Este sistema voluntário encontra-se baseado em regras para a apresentação das características ambientais. Estas regras, designadas por Product Categories Rules (PCR's), variam consoante o tipo de produto e estabelecem os princípios para a avaliação das categorias de impacto ambiental e de outros parâmetros predefinidos para o tipo de produto em avaliação, de acordo com as normas ISO 21930, ISO 14025 e ISO 14040.

As PCR's descrevem com grande detalhe o modo como deve ser feita a análise de ciclo de vida para o desenvolvimento das EPD's e compreendem a listagem das categorias de impacto ambiental que deverão ser analisadas e a identificação dos métodos LCA que deverão ser utilizados na sua avaliação. Uma das entidades mais activas no desenvolvimento de PCR's é a organização Sueca das EPD's [34].

Em geral, nas EPD's é possível encontrar informações acerca das seguintes categorias de impacto ambiental:

Tabela 9 – Impactes referidos nas EPD's

Parâmetros principais de análise		Unidades
Impactos Ambientais		
GWP	Potencial de aquecimento global	kg CO ₂ -eq.
ODP	Potencial de destruição da camada de ozônio do estratosférico	kg CFC11 eq.
AP	Potencial de acidificação do solo e da água	kg SO ₂ eq.
EP	Potencial de eutrofização	kg PO ₄ ³⁻ - E. eq.
POCP	Formação de ozono troposférico, potenciais oxidantes fotoquímicos	kg eq etileno.
ADpe	Potencial degradação abiótica de recursos não fósseis	kg Sb eq.
ADpf	Potencial degradação abiótica de recursos fósseis	MJ
Utilização de Recursos		
PE r.	Utilização total de recursos energéticos primários renováveis	MJ
PE n.r	Utilização total de recursos não renováveis de energia primária	MJ

Numa abordagem bottom-up (abordagem de baixo para cima, simplificando os sistemas mais complexos em subsistemas), as EPD's de produtos e componentes de construção podem ser a base da quantificação dos impactes incorporados num edifício. Como grande limitação desta abordagem salienta-se o facto de praticamente todos os produtores no contexto da construção não possuírem ou não comunicarem as EPD's dos seus produtos. No entanto, prevê-se que a curto prazo, as EPD's passarão a ter carácter obrigatório. Nessa altura será mais simples a quantificação do impacto ambiental incorporado num edifício [34].

4.3. FERRAMENTAS E SOFTWARE DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS

Hoje em dia existe uma variadíssima quantidade de ferramentas / software de análise e avaliação do ciclo de vida, desde a fase de extração até a fase de fim de vida dos produtos. Na Tabela 10, mostram-se instrumentos que são direcionados para avaliar os aspetos ambientais e económicos dos materiais e produtos das variadíssimas áreas, incluindo a construção.

São desenvolvido de forma que qualquer um tenha facilidade em utiliza-lo. A grande vantagem de utilização é, obviamente, a possibilidade de obter uma melhor compreensão das diferentes características e medidas do ambiente físico e contribuir para resolução dos diferentes problemas ambientais, socioeconómicos.

Essenciais nas fases de projeto e anteprojeto, inicialmente foram desenvolvidos para avaliar os impactes ambientais de materiais e produtos, não só da indústria da construção, como também de outras indústrias. Atualmente, os sistemas ACV (LCA) incluem o desempenho económico na avaliação. A avaliação do desempenho económico é um facto importante no sucesso comercial de qualquer edifício. Devido ao facto de avaliarem os impactes ambientais direta e indiretamente associados à totalidade do ciclo de vida dos materiais e produtos, estes sistemas fornecem dados importantes para a avaliação da sustentabilidade [6].

Tabela 10 – Ferramentas/ Software ACV

Ferramentas/ Software de avaliação do Ciclo de vida			
LISA *	TEAM	Eco-Instal	LEGOE
ATHENA *	GABI *	MMG	EcoPro
OGIP	ESCALE	INVEST *	LCCO2
LCA-HOUSE	PAPOOSE	BEES *	BRI LCA
TAKE-LCA	REGENERS	MSDG	EcoEffect *
EQUER	EcoQuantum *	SimaPro *	EcoObra

* Particularizado

4.3.1. SIMA PRO

Este software de ACV consegue providenciar resultados bastante fiáveis na sua utilização, conseguindo responder com bastante flexibilidade às diferentes necessidades de cada utilizador. Características como a modelagem parametrizada e a interatividade na apresentação de resultados tornam única esta ferramenta, incorporando também uma base de dados exclusiva, a Ecoinvest, bem como vários métodos de avaliação de impactos.

Principais características do SimaPro [36]:

- Interface de usuários
- Cumprimento da regulamentação
- Utilização fácil aplicando ferramentas
- Utilização parametrizada
- Análise múltipla de cenários possíveis
- Análise de incertezas

É então uma ferramenta que ajuda a colocar as métricas do desenvolvimento de produtos sustentáveis, estabelecendo diversas metas de sustentabilidade. Baseando-se em indicadores, ajuda na tomada de decisões sólidas para mudar positivamente o ciclo de vida do produto em análise. Este software é utilizado pela indústria, consultorias e institutos de pesquisa em mais de 80 países, estando disponível como um verdadeiro multiusuário de produto para a corporação global, permitindo que diferentes utilizadores em diferentes localizações tenham acesso direto e simultâneo. O SimaPro consegue ser então uma ferramenta profissional para analisar e monitorar o desempenho de sustentabilidade de produtos e serviços, facilitando desta forma a análise do ciclo de vida de complexos sistemas de forma transparente, desde a extração de matérias-primas para a fabricação, na distribuição, utilização e eliminação [36].

4.3.2. BEES

O software '*Building for Environmental and Economic Sustainability*' incorpora uma técnica para a seleção de custo-benefício em produtos de construção. Desenvolvido pelo laboratório americano de engenharias NIST (*National Institute of Standards and Technology*), esta ferramenta é apoiada em padrões de consenso sendo projetado para ser prático, flexível e transparente, destinado a projetistas, construtores e fabricantes de produtos, incluindo dados reais de desempenho ambientais e económicos para mais de 230 produtos de construção.

O BEES mede o desempenho ambiental de produtos de construção, utilizando a abordagem de avaliação de ciclo de vida especificada na série de normas ISO 14040. Todas as etapas da vida de um produto são analisados desde a aquisição de matéria-prima, fabricação, transporte, instalação, uso e reciclagem e gestão de resíduos. O desempenho económico é medido pelo método do custo do ciclo de vida padrão de ASTM, que cobre os custos de investimento inicial, de substituição, operação, manutenção e reparação, e eliminação. Desempenho ambiental e económico são combinado uma medida de desempenho global utilizando a norma ASTM para análise de decisão multicritério. Para toda a análise BEES, produtos de construção são definidos e classificados de acordo com a classificação padrão ASTM para elementos de construção conhecidos [37].

4.3.3. ATHENA

Através do software Athena Sustainable Materials Institute, é uma instituição de pesquisa sem fins lucrativos, com o objetivo de fornecer uma avaliação do ciclo de vida dos produtos para o sector da construção de forma transparente, clara e robusta. O instituto trabalha com líderes de sustentabilidade na fabricação de produtos, projeto de construção, execução e programas de rotulagem ditas verdes, que reduzem a pegada ambiental na produção, execução e utilização dos mais diversos materiais de construção.

O objetivo do instituto é fornecer e desenvolver dados ACV de materiais e sistemas, bem como ferramentas de software que permitam pegadas menores na produção e consumo de materiais de construção, sendo desta forma uma ponte entre os fabricantes de produtos e potenciais utilizadores. O método envolve uma perspetiva de ciclo de vida que leva em consideração os valores ambientais, económicos e sociais com uma visão de longo prazo em todas as suas ações bem como uma melhor quantificação da construção sustentável. A mudança é muitas vezes necessariamente lenta para permitir uma moderação de risco e desta forma o Instituto Athena é um parceiro paciente para os sectores da construção e industrial e com estes se move para a próxima geração de sustentabilidade.

Mais concretamente o software Athena fornece um mecanismo de fácil utilização para projetistas para acederem a base de dados de ACV e rapidamente estimar a pegada de um conjunto edifício ou um prédio inteiro. Esta base de dados é atualizada continuamente de forma a incluir novos produtos e sistemas, sempre de acordo com a série de normas ISO 14040, permitindo que os profissionais da indústria da construção comparem cenários de projeto alternativos e incorporar as considerações ambientais desde a fase conceitual de um projeto - quando as decisões mais importantes são tomadas.

As ferramentas de ACV do Software Athena, o Estimador de Impacto Athena para Edificações e Rodovias e do EcoCalculator, detalham no fundo os resultados de ACV em produtos de construção e relatar os resultados de uma construção ou montagem. Os impactos são relatados como um todo ou dividido por etapas do ciclo de vida [38] :

- Extração de recursos
- Fabricação de produtos
- A construção do edifício
- Ocupação da Construção e manutenção
- Demolição / desconstrução

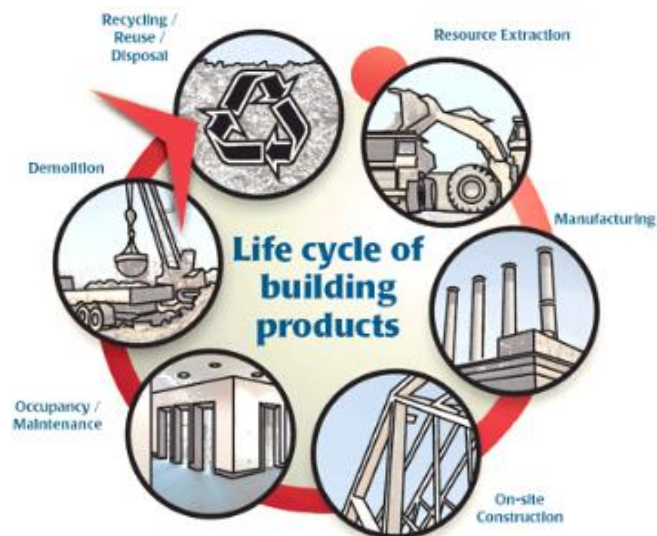


Figura 26 - Fases da ACV do Software Athena [38]

4.3.4. ECO QUANTUM

Eco Quantum é uma das principais ferramentas de apoio de avaliação do ciclo de vida da Austrália. O principal objetivo é contribuir para o desenvolvimento sustentável, fornece ACV e serviços de auditoria em produtos ou serviços, é uma entidade sem fins lucrativos e de investigação para promover metodologia de ACV e desenvolvimento de ferramentas, com o objetivo de ter uma maior utilização de informações ACV na comunidade em geral. Em vez de olhar apenas para uma parte específica de um ciclo de vida, ACV analisa todo o sistema de produção, desde a extração de matéria-prima, garantindo desta forma que todos os impactos ambientais são quantificados, e que a melhoria ambiental em uma parte do ciclo de vida não resulta na mudança do impacto para outra [39].

Existem muitas razões pelas quais as avaliações ACV e gases de efeito estufa são realizadas. Estes incluem:

- Ganhar uma compreensão de um sistema do produto, para determinar onde podem ser feitas melhorias;
- Declarações de rotulagem de carbono e produtos;
- Comparando produtos e tecnologias alternativas;
- Informar a política do governo;
- Pegadas ambientais para produtos ou serviços.

Eco Quantum oferece uma variedade de serviços de consultoria. Estes incluem [39] :

- ACV simplificada: A ACV é elaborada rapidamente, utilizando os dados disponíveis publicamente, são ideais para determinar onde no ciclo de vida dos principais impactos são suscetíveis de ocorrer, mas não são detalhadas o suficiente para divulgação pública;
- Full ACV: é uma completa recolha de dados detalhados para o produto ou serviço em estudo, baseada em regulamentação de avaliação de impacto (ISO 14044);
- Avaliações de Gases de Efeito Estufa / Carbono: avaliações Greenhouse Gás / carbono, utilizando software especializado ACV;
- Formação ACV para indivíduos e grupos.

4.3.5. INVEST

INVEST (Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool) esta ferramenta voluntaria foi desenvolvido pela FHWA (Federal Highway Administration), donde baseado na recolha de melhores práticas voluntárias, critérios, de forma a ajudar a projetar redes de transporte de forma a integrar a sustentabilidade em seu programa (políticas, processos, procedimentos e práticas) e projetos.

Esta ferramenta tem por base os três pilares da sustentabilidade, e dá aos profissionais de transporte uma forma de medir sustentabilidade. INVEST considera o ciclo de vida de projetos e tem três módulos de auto- avaliar todo o ciclo de vida de serviços de transporte, incluindo o planeamento do sistema (17 critérios), desenvolvimento do projeto (29 critérios), e de operações e manutenção (14 critérios). Cada um desses módulos é baseado em uma coleção separada de critérios e possibilita uma avaliação separada. INVEST é subdesenvolvida por meio de pesquisa e análise de sustentabilidade das melhores práticas na área de transportes. Os critérios, foram escritos por especialistas no assunto, e em seguida, foram verificados, modificados e controlados através de interação das partes interessadas [40].

4.3.6. LISA

LISA (ACV em Arquitetura Sustentável) é uma ferramenta de apoio à decisão na ACV simplificado para a construção. Ele foi desenvolvido em resposta às solicitações de arquitetos e profissionais do setor da construção civil, ferramenta de ACV simplificada para ajudar no projeto verde. Estas metodologias de ACV são muito complicados e não de amplamente acessível a projetistas e especificadores. Além disso, estudos detalhados ACV muitas vezes desviar a atenção das principais questões ambientais, e tendem a concentrar a atenção na concorrência entre os materiais, em vez de sistemas de construção ótimas [41].

LISA é projetado para:

- Ajudar a identificar questões ambientais na construção.
- Dar aos projetistas uma ferramenta fácil de utilizar para avaliar os aspetos ambientais do projeto de construção.

- Permitir que os projetistas e especificadores façam escolhas com base em toda a consideração ambientais para a vida; ou seja, análise do ciclo de vida.

4.3.7. ECOEFFECT

EcoEffect é um método para medir e avaliar o impacto ambiental de uma propriedade durante um ciclo de vida hipotético. O valor ambiental é fornecer uma medida de impacto global para permitir a classificação e comparações. Os impactos ambientais são descritos como impactos adversos sobre a saúde humana, ecossistemas e esgotamento de recursos naturais.

O projeto visa desenvolver ainda mais o método e fazer o método prático e útil para o planeamento, gestão e utilizadores do ambiente construído. As características principais do sistema são, claro e existe um software de cálculo e de contabilidade, bem como uma base de dados limitada, de modo a efetuar os cálculos. Os bancos de dados existente no sistema de ponderação e software devem ser revistos e testados exaustivamente antes que a ferramenta esteja pronta para a ser aplicada.

O EcoEffect expressa o impacto ambiental de uma propriedade de mais de 30 parâmetros (categorias de impacto) em relação ao impacto sobre as pessoas, o ambiente e os recursos naturais. Os custos de consumo de energia, utilização de materiais, ambiente interno, ambiente ao ar livre e do ciclo de vida são as áreas que estão sendo tratados e a avaliação é baseada na análise e critérios de ciclo de vida. Os resultados são apresentados sob a forma de perfis ambientais, cada um dos quais contém 10 ou mais barras que mostram o tamanho da defesa do meio ambiente, em diferentes categorias de impacto. Para comparar mais facilmente o impacto ambiental global das propriedades diferentes foram desenvolvidos um método para pesar as informações para duas ou três taxas de impacto ambiental dentro de cada área. Para a energia e utilização de materiais, será fatores ambientais para emissões, resíduos e consumo de recursos naturais, ambiente interno para a doença e desconforto, para ambientes ao ar livre doença, desconforto e falta de biodiversidade e produtividade [42].

O método EcoEffect é desenvolvido no Instituto Real de Tecnologia em Estocolmo e da Universidade de Gävle com o apoio de uma série de empresas e organizações do setor de construção sueca, e tem como objetivo [42] :

- Descrever quantitativamente o impacto ambiental e saúde do mercado imobiliário e do ambiente construído
- Fornecer uma base para comparação e tomada de decisão que pode levar à redução do impacto ambiental

O método EcoEffect tem uma perspectiva holística das questões ambientais, com cinco áreas paralelas de foco: energia, materiais, meio ambiente interior, meio ambiente exterior e custos de ciclo de vida. A fim de apresentar um resultado agregado isso simplifica as comparações, um método de ponderação foi subdesenvolvidos dentro do projeto que se baseia na avaliação de problemas diretos e indiretos para o ser humano, associada a impactos ambientais.

Indicadores calculados em EcoEffec :

- Impacto externo (devido ao uso de um edifício)
 - Mudanças climáticas
 - Destruição do ozono estratosférico
 - Acidificação

- Nutrição
 - Formação de ozono
 - Toxicidade humana
 - Eco toxicidade
 - Radioatividade
 - Depleção do ozônio natural
- Impacto interno (problemas potenciais para os utilizadores de um edifício)
- Interior
 - Qualidade do ar
 - Conforto térmico
 - Boas condições habitacionais
 - Condições de luz
 - Condições eletromagnéticas
 - Alergia
 - Problema articulações
 - Síndrome do edifício doente
 - Ruído
 - Rádion
 - Ar livre
 - Qualidade do ar
 - Poluição do solo
 - Ruído
 - Sombra
 - Tempo
 - Vegetação
 - Água
 - Bio produtividade
 - Águas pluviais

Uma característica única que distingue EcoEffect de outros métodos é a sua associação direta das características dos edifícios ou atividades para os impactos ambientais. O método especificamente utilizado por empresas imobiliárias que usam sistemas de gestão ambiental segundo a norma ISO14001 ou EMAS. O método é pouco desenvolvido de modo que possa ser usada em fases iniciais de planeamento e projeto, assim como pelo gerente imobiliário durante a fase de operação [42].

4.3.8. GABI

O software GaBi tem como finalidade fornecer às empresas um sistema para análise do ciclo de vida, para que seja possível tomar as melhores decisões, sobre a produção e o ciclo de vida de qualquer produto. Ele também fornece um banco de dados acessível e constantemente atualizado, contém detalhes referentes aos custos com energia e impacto ambiental desde a fase de extração da matéria-prima. Além disso, analisa o impacto sobre o meio ambiente e apresenta alternativas para a fabricação, distribuição, reciclagem, poluição e sustentabilidade.

GaBi facilita às empresas realizarem as avaliações ao Ciclo de Vida, ele também permite oferecer produtos mais eficientes em termos de custos, de forma a satisfazer as expectativas dos consumidores [43].

Este software tem as vantagens:

- Possibilidade de orientação intuitiva para os usuários novos e existentes
- Melhor organização tornando-a mais rápida e eficiente a ACV
- Melhoria da Análise do Cenário
- Melhores painéis de instrumentos de forma a facilitar a análise visual
- Perspicácia da biblioteca - modelos pré-formatados para o painel de instrumentos e relatórios
- Melhoria da estética dos relatórios
- Relatórios dinâmicos para usuários da ACV
- Ferramentas interativas
- Relatórios personalizáveis

5

CASO PRÁTICO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ACV

5.1. INTRODUÇÃO

Para a realização do caso prático utilizam-se a metodologia de avaliação do ciclo de vida que descrita anteriormente no ponto 4.1 de forma detalhada. Esta avaliação tem como objetivo selecionar, na perspetiva da sustentabilidade, os melhores materiais construtivos para execução de uma parede exterior de uma edificação, para tal utilizam-se as declarações ambientais de produtos (EPD), de modo a ter informações credível do desempenho ambiental dos produtos para a constituir uma parede exterior.

5.2. PORMENORIZAÇÃO DO CASO PÁRTICO

5.2.1. INTRODUÇÃO

O trabalho prático consiste em avaliar quais os elementos construtivos de uma parede exterior de uma edificação que tenham um melhor desempenho ambiental.

Para a realização da avaliação separou-se os elementos constituintes da parede em dois, designados por tosco e acabamento conforme é demonstrado na figura 29 de forma a possibilitar uma análise separada com o objetivo de obter uma solução construtiva menos prejudicial ao meio ambiente.

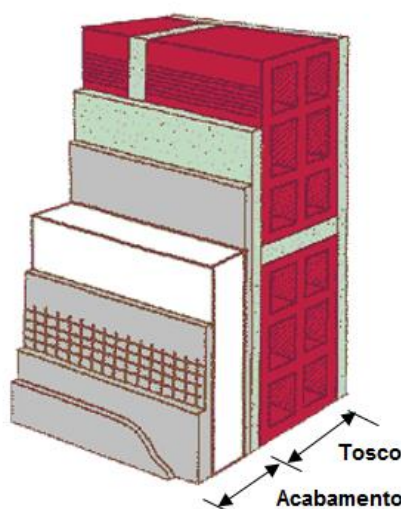


Figura 27 – Pormenorização da separação da parede exterior

5.2.2. DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS

5.2.2.1. TOSCO

Esta designação aplica-se a parte do elemento constituinte da parede que tem a finalidade suportar o revestimento dando desta forma estabilidade à parede, contribuir para o conforto térmico e acústico, bem como as exigências indissociáveis às exigências funcionais das paredes exteriores, como a resistência ao fogo, resistência a água, durabilidade e resistência ao choque.

Para a realização deste trabalho analisou-se vários materiais utilizados correntemente nas construções em Portugal, como o tijolo, betão armado pré-fabricado e blocos de vários tipos e madeiras apropriadas para a execução de edificações conforme é indicado na seguinte tabela.

Tabela 11 – Elementos analisados do tosko

Soluções propostas de tosko parede exterior	Pais de origem	Unidades
ST1 Bloco maciço de betão celular autoclavado	Alemanha	m ³
ST2 Bloco vazado de betão leve	Alemanha	m ³
ST3 Bloco maciço de argila expandida	Alemanha	m ³
ST4 Bloco vazado de argila expandida	Alemanha	m ³
ST5 Tijolo	Alemanha	m ³
ST6 Parede pré-fabricada com 200mm de espessura	Noruega	m ³
ST7 Painéis HDF	Áustria	m ³
ST8 Painéis OSB	Alemanha	m ³
ST9 Painéis KLH c/ 320mm	Alemanha	m ³

ST1 – Bloco maciço de betão celular autoclavado

Blocos de vários formatos em betão celular leve autoclavado. Os produtos de betão celular autoclavado são feitos de quartzito (40-50%), cimento (20-30%), cal (6-12%), gesso (5-10%), alumínio (0,1-0,2%) e (15-20%) de pasta de resíduos finalmente reciclado (closed-loop). Todas as matérias-primas são misturadas com um excesso de água em certas proporções, transformando-se numa pasta fluida misturada e vertida em moldes de fundição. Após a expansão da fase de aeração, os blocos de betão celular são cortados e colocados na autoclave e estão em grupos de cura a vapor. Tendo uma composição porosa, tem um elevado isolamento térmico. É um material que proporciona qualidade, conforto e rapidez nas construções e oferece vantagens económicas significativas nos custos de investimentos iniciais e na fase de utilização em edifícios que seja necessário aquecimento ou refrigeração, bem como oportunidade para a exploração de outros benefícios potenciais. Como uma baixa densidade de material de alvenaria sólida, pode melhorar significativamente o desempenho sísmico e segurança dos edifícios, reduzindo as cargas totais de construção com o seu baixo peso morto.

São fabricados com dimensões exatas e com tolerâncias muito estreitas, fornecendo portanto altos níveis de precisão na definição, são fabricados vários tamanhos: tal como 5, 7.5, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 cm.

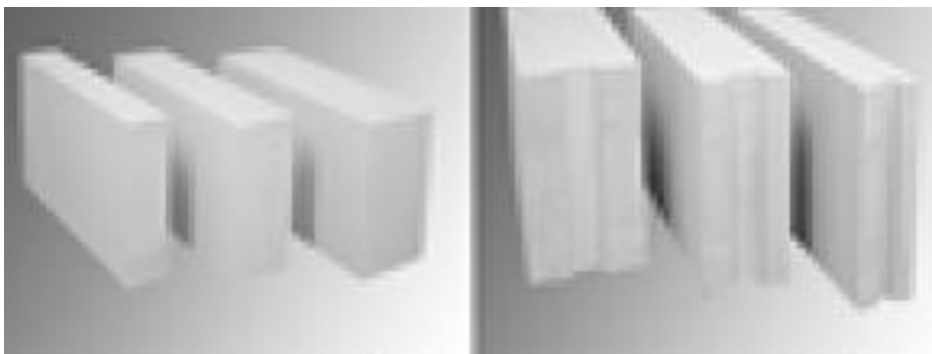


Figura 28 – Blocos maciços de betão celular autoclavado [44]

ST2 – Bloco vazado de betão leve

Blocos vazados pesadas feitas de betão leve. O produto mencionado é um componente sem reforço feito de betão de inertes leves com diferentes formatos e tamanhos. O betão leve é feita a partir de brita de pedra calcária 25,7%, pó de calcário 2,2 %, areia media 34,3%, M-grão do tamanho de grão 25,7%), água e ligantes hidráulicos cimento 12,1%. Aos agregados leves (brita e areia) é adicionado ligação de cimento para ligação. Além disso, os aditivos são adicionados na forma de pó de calcário, posteriormente, a mistura é misturada com a adição de água para formar um betão leve plasticamente deformável. De seguida, verte-se em moldes feitos em aço, subsequentemente, os blocos são compactados por meio de carga aplicada e vibração, e é libertado a partir do molde. Para curar os blocos são armazenados em lotes e protegidos das intempéries, pelo menos 28 dias para ser entregues no local da construção.



Figura 29 – Blocos vazados de betão leve [45]

Esta alvenaria de betão leve é usada como blocos de construção, monolítico e serve como apoio a construção. A aplicação dos blocos de betão leve ocorre manualmente em geral e a conexão dos componentes entre si e possivelmente com outros materiais padronizados é feita com argamassa normal. Os blocos de betão podem ser rebocados, revestidos ou pintados. Estes blocos tem diversas formas e tamanhos, dependendo da aplicação. Formatos: 2DF, 8DF, 10DF, 12DF, 16DF, 20DF

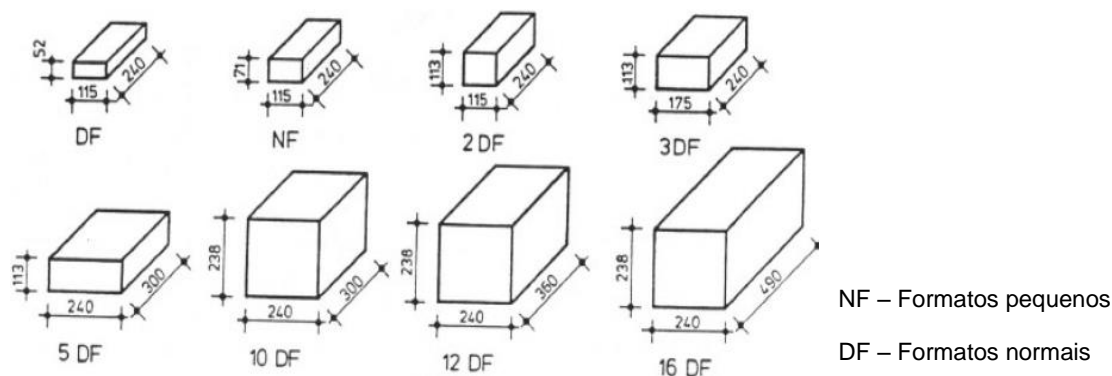


Figura 30 – Dimensões dos blocos em milímetros

ST3, ST4 – Bloco maciço e vazados de argila expandida

O produto mencionado é um componente sem reforço feito de betão de inertes leves com diferentes formatos e tamanhos. A alvenaria em blocos maciços é feita com argila expandida 8,5%, brita calcária 71,6%, cinzas M-caldeira 12,4% e ligante em massa de cimento 4,0 % e pó de calcário (seco) 3,5 %, enquanto os blocos vazados é constituída por argila expandida 30,1%, cinzas M-caldeira 52,6% e argamassa de cimento: 14,4 % e de 2,9 % de cinzas. Aos agregados leves é adicionado cimento como ligante. Além disso, os aditivos são adicionados na forma de pó calcário, posteriormente é misturada com a adição de água para formar um betão plasticamente deformável. De seguida verte-se em moldes feitos em aço, subsequentemente, os blocos são compactados por meio de carga aplicada e vibração, e é libertado a partir do molde. Para completo curar os blocos são armazenados em lotes e protegidos das intempéries, pelo menos 28 dias para ser entregue para a construção.

Esta alvenaria de betão leve é usada como blocos de construção, monolítico e serve como apoio a construções. A aplicação dos blocos de betão leve ocorre manualmente em geral e a ligação dos elementos com argamassa normal. Os blocos de betão leve podem ser rebocados, revestidos ou pintados. Estes blocos tem diversas formas e tamanhos, dependendo da aplicação. Usuais formatos: 2DF, 8DF, 10DF, 12DF, 16DF, 20DF



Figura 31 – Bloco maciço de argila expandida [46]



Figura 32 – Bloco vazados de argila expandida [47]

ST5 – Tijolo

Os tijolos podem ser maciços ou perfurado de argila cozida para aplicação não estruturais de alvenaria para paredes exteriores e interiores de edifícios. As matérias-primas utilizadas, são o barro / argila / marga, utiliza-se também areia de quartzo / calcário / pó de pedra calcária e poliestireno e / ou fibras de celulose finas. Dependendo da função e da construção da alvenaria de tijolo existem várias dimensões e formas como o fundo ou de frente para aplicação dos tijolos numa gama variadíssima de construções.



Figura 33 – Tijolo [48]

ST6 – Parede em betão armado pré-fabricada com 200mm de espessura

Paredes pré-fabricadas em betão armado, este elemento é adequado para a construção de muros de suporte de carga. Estes elementos de parede podem ser usados em todos os tipos de escritórios e edifícios comerciais, edifícios residenciais, escolas, edifícios agrícolas e edifícios industriais. Fabricado de acordo com a norma EN 14992.

Todas as matérias-primas principais e toda a energia essencial está incluído. A percentagem de cimento utilizada é de 15.70%, agregados 75.26%, água 6.91%, aditivos 0.26% e 1.88% de armadura. O processo de produção de matérias-primas e os fluxos de energia que estão incluídos com quantidades muito pequenas (<1%) não estão incluídos. O peso líquido é de cerca de 500 kg por m² para paredes com 200mm de espessura. Os efeitos da produção primária do material reciclado é atribuído ao produto

principal, em que o material foi usado. O processo de reciclagem e transporte do material é atribuído a esta análise.



Figura 34 – Paredes pré-fabricas em betão armado [49]

ST7 – Painéis HDF

Placas de alta densidade de fibra de madeira HDF (High Density Fiberboard) são materiais à base de madeira em forma de tábua de fibra. Possuem uma língua e ranhura de perfil ao longo das bordas. As placas são fabricadas usando o chamado método seco num processo de prensagem a quente e com a adição de uma cola de PMD e emulsão de cera de parafina. Estas placas são permeáveis e com capacidade de suportar revestimento de carga suplementar em coberturas e telhado e estruturas das paredes exteriores. Placas de fibra de madeira para a construção são divididas em diferentes tipos de tabuleiro são diferenciados ou divididos principalmente com base em sua aplicação como elementos que suportam peso estrutural ou não, em áreas secas e húmidas (classe de uso 1, 2). As placas são produzidas através dos processos secos.



Figura 35 – Painéis HDF [50]

ST8 – Painéis OSB

Os painéis de madeira orientada OSB (Oriented Strand Board) consistem na ligação de três painéis de madeira (painéis prensados) feitos a partir da orientação dispersa das lascas de madeira longitudinalmente (pinho folheado de 120-160 mm de comprimento), os chamados fios (micro lâminas), as madeiras são colados em várias camadas. A camada central é orientada com um ângulo de 90 ° para as camadas superiores. Os painéis de OSB são colados com resina de MUPF nas camadas superiores, e uma resina de poliuretano da camada central, ou mesmo com a resina de poliuretano apenas. As placas são fabricadas em espessuras de 6-40 mm (dependendo do tipo de painel) e o painel de grande densidade é de aproximadamente 600 kg/m³.

Os painéis podem ser aplicado em áreas húmidas e áreas ao ar livre, pode ser usados em tetos, paredes, telhados, pisos, entre outros.



Figura 36 – Painéis OSB [51]

ST9 – Painéis KLH c/ 320mm

Painéis de madeira Cross-laminado KLH, consiste em camadas de madeira de pinho coladas transversalmente sob alta pressão com cola de poliuretano, aplicação de um adesivo de poliuretano, grandes elementos de madeira maciça, usados para suporte de carga, para elementos estruturais e não estruturais. Os painéis são cortados e / ou unidos usando tecnologia de controlo numérico computadorizado CNC de acordo com o pretendido pelo cliente ou empresa de construção. Os componentes pré-cortados KLH de madeira maciça são entregues em obra e montados através de uma grua no local por empresas madeireiras ou empresas especializados de construção. KLH painéis de madeira maciça pode ser serrado, moído, aplainada, perfurado com todos os equipamentos de madeira convencional.



Figura 37 – Painéis KLH [52]

5.2.2.2. ACABAMENTOS

Para além do já referido anteriormente, o elemento designado por acabamento tem como finalidade principal proteger o tosco das ações dos diversos agentes agressivos, como a água, produtos químicos e poeiras, proporcionar a parede o efeito decorativo pretendido, superficialmente regularizada e possibilitar uma maior facilidade de limpeza.

Na realização deste caso prático analisou-se vários tipos de ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) aplicáveis a alvenarias e a madeiras, conforme é referido na tabela 13, a aplicação deste sistema de isolamento térmico pelo exterior é especialmente recomendado para alcançar os objetivos já referidos.

Tabela 12 – Elementos analisados do acabamento

Soluções propostas de acabamento exterior	Pais de origem	Unidades
SL1 ETICS StoTherm clássico 2 c/ EPS , para aplicação em bloco, tijolo e betão	Alemanha	m ²
SL2 ETICS StoTherm Wood 2A, para aplicação em bloco, tijolo e betão	Alemanha	m ²
SL3 ETICS StoTherm Mineral 1, para aplicação em bloco, tijolo e betão	Alemanha	m ²
SL4 ETICS StoTherm clássico 1 c/ EPS, para aplicação em madeira	Alemanha	m ²
SL5 ETICS StoTherm Wood A, para aplicação em madeira	Alemanha	m ²
SL6 ETICS StoTherm Mineral L, para aplicação em madeira	Alemanha	m ²

Os ETICS aplicáveis a alvenarias de blocos, tijolo e betão bem como aos painéis de madeira são utilizados para uso em paredes exteriores. O isolamento pode ser constituído por vários tipos de materiais neste caso foram analisados espuma de poliestireno expandido (EPS), Fibra de madeira e fibra mineral (lã de rocha). Para executar a aplicação a superfície da parede deve ser plana, seca, livre de gordura e poeira e ter capacidade suficiente para o uso de fixadores. O isolamento devem ser colocado no ETICS, conforme indicado nos pormenores apresentados.

O revestimento de base é aplicado manualmente ou mecanicamente, após endurecido, seco e estável, a camada de acabamento pode ser aplicado e padronizada. O revestimento final recebera um tratamento biocida especial, este deve ser acordado em separado com antecedência.

SL1 - ETICS StoTherm clássico 2 c/ EPS para aplicação em bloco, tijolo e betão

Este sistema comercial é constituído por:

- 1- Alvenaria
- 2- Adesivo de colagem Sto-Baukleber,
- 3- Placa de isolamento Sto-Dämmplatte Top32
- 4- Buchas de fixação StoThermodübel UEZ,
- 5- Camadas camada de barramento StoLevell Classic
- 6- Fibra de vidro Sto-Glasfasergewebe
- 7- Camadas camada de barramento StoLevell Classic
- 8- Revestimento final Stolit K2

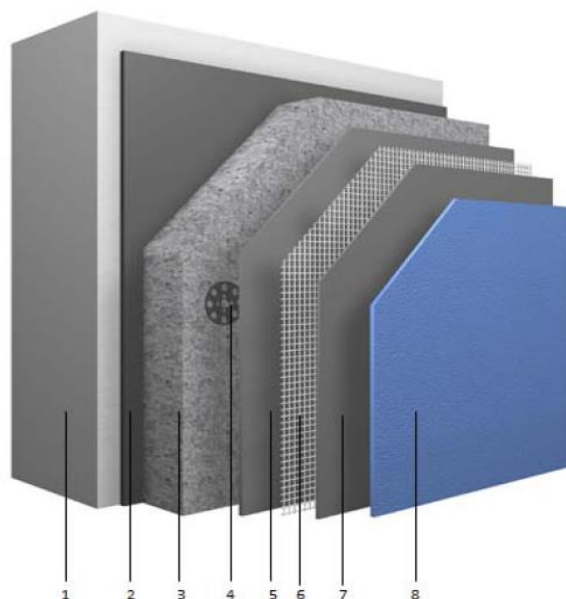


Figura 38 – Pormenor do ETICS StoTherm clássico 2 [53]

SL2 - ETICS StoTherm Wood 2A, para aplicação em bloco, tijolo e betão

Sistema constituído por:

- 1- Alvenaria
- 2- Adesivo de colagem StoLevell Uni
- 3- Placa de isolamento em fibra de madeira Sto-Weichfaserplatte M
- 4- Fibra de vidro Sto-Glasfasergewebe
- 5- Buchas de fixação Verdubelung
- 6- Camada de barramentos StoPrep Miral
- 7- Revestimento final StoMiral K 2

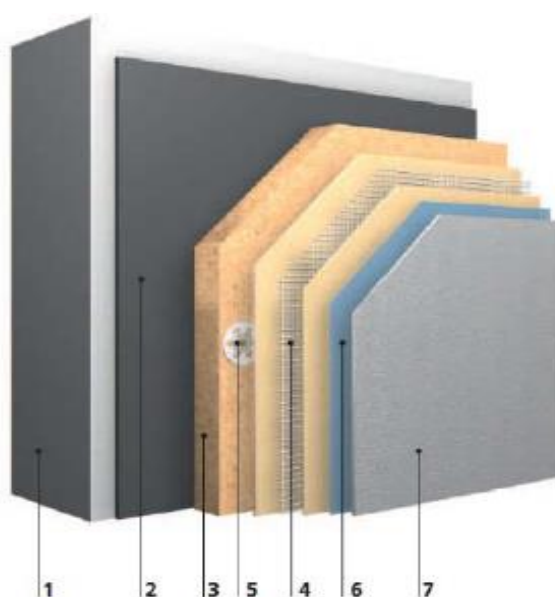


Figura 39 – Pormenor do ETICS StoTherm Wood 2A [54]

SL3 - ETICS StoTherm Mineral 1, para aplicação em bloco, tijolo e betão

Sistema constituído por:

- 1- Adesivo de colagem StoLevell Uni,
- 2- Placa de isolamento em fibra mineral Sto-Steinwolleplatte 035 Xtra,
- 3- Buchas de fixação Sto-Thermodübel UEZ,
- 4- Adesivo de colagem StoLevell Uni
- 5- Camada de barramento StoPrep Miral
- 6- Revestimento final StoMiral K 2

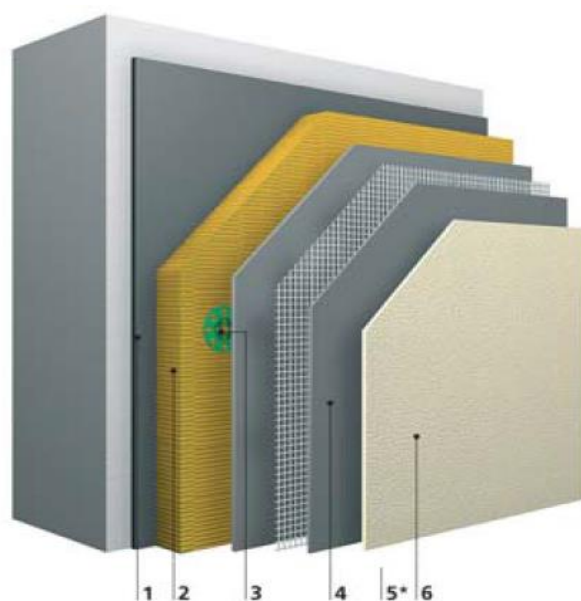


Figura 40 – Pormenor do ETICS StoTherm Mineral 1 [55]

SL4 - ETICS StoTherm clássico 1 c/ EPS para aplicação em madeira

Sistema constituído por:

- 1- Construção em madeira
- 2- Adesivo de colagem StoPrefa Coll
- 3- Placa de isolamento de EPS Sto-Dämmplatte Top32
- 4- Camadas de barramento StoPrefa Armat
- 5- Fibra de vidro Sto-Glasfasergewebe,
- 6- Revestimento final Stolit K 2.

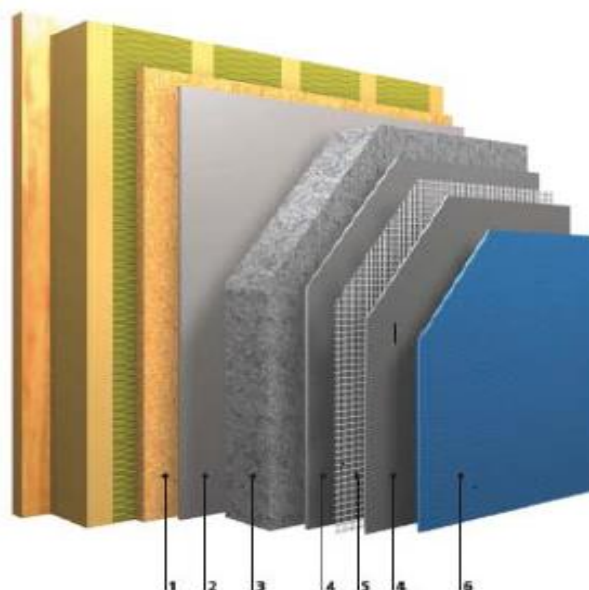


Figura 41 – Pormenor do ETICS StoTherm clássico 1 [56]

SL5 - ETICS StoTherm Wood A, para aplicação em madeira

Sistema constituído por:

- 1- Construção em madeira
- 2- Buchas Sto-Schraubdübel H 60
- 3- Placa de isolamento de em fibra de madeira Sto-Weichfaserplatte M
- 4- Adesivo de colagem StoLevel Uni
- 5- Fibra de vidro Sto-Glasfasergewebe
- 6- Camada de barramento StoPrep Miral
- 7- Revestimento final StoMiral K 2.

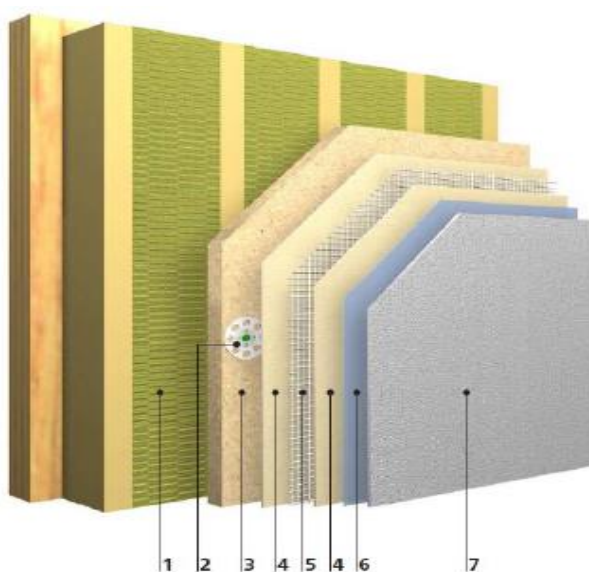


Figura 42 – Pormenor do ETICS StoTherm Wood A [57]

SL6 - ETICS StoTherm Mineral L para aplicação em madeira

Sistema constituído por:

- 1- Construção em madeira
- 2- Adesivo de colagem StoLevell Uni
- 3- Placa de isolamento de fibra mineral do tipo Sto-Speedlamelle II
- 4- Adesivo de colagem StoLevell Uni
- 5- Fibra de vidro Sto-Glasfasergewebe,
- 6- Revestimento final com StoPrep Miral + StoMiral K 2.

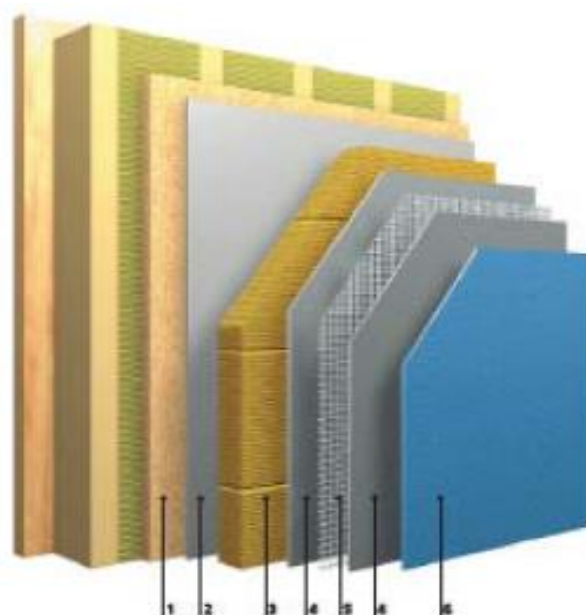


Figura 43 – Pormenor do ETICS StoTherm Mineral L [58]

5.3. ANÁLISE E RESULTADOS DO CASO PRÁTICO

Par a realização da análise da melhor solução construtiva de uma parede exterior, utilizou-se a metodologia ACV, já detalhada, tendo por base as declarações ambientais dos produtos (EPD`s) as quais fornecem indicadores de desempenho ambiental nas várias fases do ciclo de vida dos materiais, desenvolvidas por empresas bem conceituadas no mercado internacional da indústria da construção civil.

Para a elaboração deste estudo dividiu-se em dois grupos os elementos do tosco e do acabamento exterior, visto existirem elementos construtivos com características não aplicáveis entre eles. No que respeita ao acabamento interior foi ignorado, porque se considerou igual para todas as possíveis constituições de paredes, resultando apenas em duas soluções construtiva, para construções em madeira e em alvenarias.

5.3.1. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO TOSCO

Os elementos do tosco foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo é constituído por bloco, tijolo e betão armado pré-fabricado e o segundo grupo inclui três tipos de madeira correntemente utilizadas na construção de edifícios.

Como já referido esta avaliação tem por base as declarações ambientais dos produtos os quais só fizeram a avaliação na fase Cradle-to-gate (“do berço à porta”) por metro cubico de material produzido.

Nas tabelas abaixo podemos constatar a existência de indicadores que apresentam resultados negativos, isto acontece devido a ser considerado a reciclagem e reutilização dos materiais, o que origina uma redução dos impactes produzidos ao longo do ciclo de vida em especial no processo de produção.

Tabela 13 – Resultados da EPD referente ao bloco, tijolo e betão armado pré-fabricado

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
ST1	1,87E+02	9,82E-06	3,95E-01	9,37E-02	1,02E-01	6,52E-01	1,42E+03	5,23E+02	1,42E+03
ST2	6,52E+01	7,38E-08	9,19E-02	1,22E-02	5,80E-03	8,94E-05	3,58E+02	4,10E+01	4,21E+02
ST3	9,28E+01	1,34E-07	3,20E-01	3,48E-02	2,77E-02	7,83E-05	9,08E+02	1,10E+02	1,03E+03
ST4	9,80E+01	2,67E+00	3,74E-01	3,27E-02	2,07E-02	1,19E-04	9,70E+02	2,66E+02	1,04E+03
ST5	2,09E+02	1,24E-06	1,30E-01	2,00E-02	1,00E-02	-	-	1,71E+02	1,03E+03
ST6	3,98E+02	1,19E-05	3,50E-01	1,07E-01	1,61E+00	3,17E-04	2,45E+03	9,34E+02	2,53E+03

Tabela 14 – Resultados da EPD referentes as madeiras

Solução Proposta	Parametros								
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADpe	ADpf	PE r.	PE n.r
ST7	-5,08E+02	5,01E-05	1,78E+00	2,22E-01	2,49E-01	-	-	1,13E+04	8,54E+03
ST8	-7,77E+02	2,53E-05	9,40E-01	1,31E-01	1,28E-01	-	-	1,23E+04	5,37E+03
ST9	-8,25E+02	6,84E-06	3,94E-01	7,50E-02	5,00E-02	4,72E-05	1,16E+03	1,11E+04	1,47E+03

5.3.2. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO ACABAMENTO

Os elementos analisados do acabamento exterior são vários ETICS com diferentes camadas de isolamento, isolamentos em poliestireno expandido (EPS), Fibra de madeira e fibra mineral (lã de rocha), adaptáveis aos dois grupos de tosco, os quais necessitam de ETICS apropriados

Como já referido esta avaliação tem por base as declarações ambientais dos produtos as quais só fazem a avaliação na fase Cradle-to-grave (“do berço à sepultura”) excluindo a fase de utilização, ou seja analisaram a fase da produção, construção e fim de vida dos materiais por metro quadrado de acabamento exterior executado.

Tabelas dos ETICS para o tosco executado em blocos, tijolo e betão armado pré-fabricado

Tabela 15 – Resultados da EPD referentes a fase de produção

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL1	1,09E+01	1,77E-06	2,88E-02	8,34E-03	4,16E-02	-	-	2,73E+02	7,70E+00
SL2	-1,10E+01	6,71E-07	2,92E-02	4,57E-03	4,49E-03	-	-	2,23E+02	2,80E+02
SL3	2,89E+01	1,47E-06	1,37E-01	1,55E-02	9,77E-03	-	-	3,67E+02	1,38E+01

Tabela 16 – Resultados da EPD referentes a fase de construção

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL1	1,80E-01	1,25E-10	1,77E-03	2,34E-04	1,80E-04	-	-	2,24E+00	1,90E-01
SL2	6,90E-01	1,21E-09	3,26E-03	7,25E-04	3,48E-04	-	-	9,14E+00	5,80E-01
SL3	1,07E+00	1,88E-09	4,97E-03	1,12E-03	5,36E-04	-	-	1,45E+01	5,00E-01

Tabela 17 – Resultados da EPD referentes a fase fim de vida

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL1	2,84E+00	-1,98E-07	-4,37E-03	-3,98E-04	-3,82E-04	-	-	-7,29E+01	-1,40E-01
SL2	-2,26E+00	-4,60E-06	-2,70E-02	1,06E-03	-5,37E-04	-	-	-4,51E+02	-1,80E+01
SL3	3,06E+00	2,91E-09	2,26E-03	1,60E-03	9,28E-04	-	-	1,00E-01	2,16E+00

Tabela 18 – Resultados da EPD referente ao total de todas as fases

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL1	1,39E+01	1,57E-06	2,62E-02	8,17E-03	4,14E-02	-	-	2,03E+02	7,76E+00
SL2	-1,26E+01	-3,93E-06	5,45E-03	6,35E-03	4,30E-03	-	-	-2,18E+02	2,63E+02
SL3	3,30E+01	1,48E-06	1,44E-01	1,83E-02	1,12E-02	-	-	3,82E+02	1,64E+01

Tabelas dos ETICS para o tosco executado em madeira

Tabela 19 – Resultados da EPD referentes a fase de produção

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL4	2,60E+00	1,74E-06	1,21E-02	9,66E-03	2,28E-03	-	-	7,02E+01	5,59E+00
SL5	-1,23E+01	6,39E-07	2,66E-02	4,01E-03	4,15E-03	-	-	2,09E+02	2,80E+02
SL6	1,51E+01	8,19E-07	7,13E-02	8,08E-03	5,08E-03	-	-	1,89E+02	7,69E+00

Tabela 20 – Resultados da EPD referentes a fase de construção

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL4	1,90E-01	1,00E-10	2,06E-03	2,62E-04	2,12E-04	-	-	2,61E+00	0,00E+00
SL5	6,80E-01	1,18E-09	3,17E-03	7,09E-04	3,41E-04	-	-	9,14E+00	3,70E-01
SL6	5,30E-01	9,20E-10	2,50E-03	5,54E-04	2,67E-04	-	-	6,96E+00	4,50E-01

Tabela 21 – Resultados da EPD referentes a fase fim de vida

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL4	2,03E+00	-1,40E-07	-2,89E-03	-2,72E-04	-2,58E-04	-	-	-4,97E+01	-6,50E-01
SL5	-2,37E+00	-4,60E-06	-2,75E-02	9,96E-04	-6,14E-04	-	-	-4,51E+02	-1,89E+01
SL6	1,62E+00	4,41E-09	1,90E-03	8,51E-04	5,59E-04	-	-	2,20E+00	1,94E+00

Tabela 22 – Resultados da EPD referente ao total de todas as fases

Solução Proposta	Parâmetros								
	GWP kg CO2 eq.	ODP kg CFC11 eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 3 Eq.	POCP kg eq etileno.	ADpe kg Sb eq.	ADpf MJ	PE r. MJ	PE n.r MJ
SL4	9,61E+00	1,76E-06	2,12E-02	1,07E-02	3,02E-02	-	-	1,60E+02	5,86E+00
SL5	-1,40E+01	-3,96E-06	2,30E-03	5,71E-03	3,87E-03	-	-	-2,32E+02	2,61E+02
SL6	1,72E+01	8,24E-07	7,57E-02	9,49E-03	5,91E-03	-	-	1,98E+02	1,01E+01

5.3.3. PONDERAÇÕES UTILIZADAS E RESPECTIVOS RESULTADOS OBTIDOS

A ponderação utilizada para a realização deste trabalho foi com base no software BEES representada na tabela 23, o qual atribui pesos combinados com as medidas de desempenho ambiental conforme a sua importância, mas não atribui percentagem aos valores energético no qual considere a restante percentagem de forma a atingir os 100%. A tabela 24 apresenta os pesos atribuídos às várias categorias de impacto ambientais como o aquecimento global, ozono, acidificação, eutrofização, esgotamento de recursos fósseis e não fósseis bem como a utilização de recursos primários renováveis e não renováveis, este conjunto de impactos ambientais tem soma total de 100%. O menor valor do impacto será atribuído a percentagem máxima da ponderação aos restantes será aplicado a regra de três simples.

O software BEES possibilita escolher três conjuntos integrados de pesos, método de ponderação de pesos iguais, um estudo EPA e o método de ponderação BEES, estes métodos de ponderação foram a base para a realização do caso prático com o objetivo de encontrar a melhor solução construtiva para uma parede exterior de uma edificação, os resultados obtidos serão apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela 23 – Conjunto de ponderações do software BEE [37]

Parâmetros principais de análise		Unidades	Método de ponderação		
			Pesos iguais	EPA	BEES
Impactos Ambientais					
GWP	Potencial de aquecimento global	kg CO ₂ -eq.	9,00%	16,00%	29,00%
ODP	Potencial de destruição da camada de ozônio do estratosférico	kg CFC11 eq.	8,00%	5,00%	2,00%
AP	Potencial de acidificação do solo e da água	kg SO ₂ eq.	9,00%	5,00%	3,00%
EP	Potencial de eutrofização	kg PO ₄ ³⁻ Eq.	9,00%	5,00%	6,00%
POCP	Formação de ozono troposférico potenciais oxidantes fotoquímicos	kg eq etileno.	8,00%	6,00%	4,00%
ADpe	Potencial degradação abiótica de recursos não fósseis	kg Sb eq.	4,50%	2,50%	5,00%
ADpf	Potencial degradação abiótica de recursos fósseis	MJ	4,50%	2,50%	5,00%

Tabela 24 – Conjunto de ponderações do software BEE mais indicadores energéticos

Parâmetros principais de análise		Unidades	Método de ponderação		
			Pesos iguais	EPA	BEES
Impactos Ambientais					
GWP	Potencial de aquecimento global	kg CO ₂ -eq.	9,00%	16,00%	29,00%
ODP	Potencial de destruição da camada de ozônio do estratosférico	kg CFC11 eq.	8,00%	5,00%	2,00%
AP	Potencial de acidificação do solo e da água	kg SO ₂ eq.	9,00%	5,00%	3,00%
EP	Potencial de eutrofização	kg PO ₄ ³⁻ . Eq.	9,00%	5,00%	6,00%
POCP	Formação de ozono troposférico potenciais oxidantes fotoquímicos	kg eq etileno.	8,00%	6,00%	4,00%
ADpe	Potencial degradação abiótica de recursos não fósseis	kg Sb eq.	4,50%	2,50%	5,00%

ADpf	Potencial degradação abiótica de recursos fósseis	MJ	4,50%	2,50%	5,00%
Utilização de Recursos					
PE r.	Utilização total de recursos energéticos primários renováveis	MJ	24,00%	29,00%	23,00%
PE n.r	Utilização total de recursos não renováveis de energia primária	MJ	24,00%	29,00%	23,00%
Total			100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 25 – Resultados da ponderação aplicada ao grupo de blocos, tijolo e betão

Método de Ponderação	Solução Proposta	Parâmetros									Resultados	
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADpe	ADpf	PE r.	PE n.r	Total %	Classificação
Pesos iguais	ST1	5,71%	8,00%	0,00%	1,28%	7,52%	0,00%	2,22%	11,04%	12,68%	48,46%	5.º
	ST2	9,00%	8,00%	9,00%	9,00%	8,00%	4,50%	4,50%	24,00%	24,00%	100,00%	1.º
	ST3	8,25%	8,00%	2,24%	6,86%	7,89%	4,50%	3,32%	22,15%	17,12%	80,33%	2.º
	ST4	8,11%	0,00%	0,63%	7,06%	7,93%	4,50%	3,18%	17,95%	16,91%	66,29%	4.º
	ST5	5,11%	8,00%	7,87%	8,26%	7,98%	-	-	20,50%	17,06%	74,79%	3.º
	ST6	0,00%	8,00%	1,34%	0,00%	0,00%	4,50%	0,00%	0,00%	0,00%	13,84%	6.º
EPA	ST1	10,14%	5,00%	0,00%	0,71%	5,64%	0,00%	1,24%	13,35%	15,32%	51,40%	2.º
	ST2	16,00%	5,00%	5,00%	5,00%	6,00%	2,50%	2,50%	29,00%	29,00%	100,00%	1.º
	ST3	14,67%	5,00%	1,24%	3,81%	4,93%	2,50%	3,69%	4,61%	3,57%	44,03%	3.º
	ST4	14,42%	0,00%	0,35%	3,92%	4,95%	5,00%	3,54%	3,74%	3,52%	39,45%	4.º
	ST5	9,08%	5,00%	4,37%	4,59%	4,99%	-	-	4,27%	3,55%	35,86%	5.º
	ST6	0,00%	5,00%	0,74%	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,74%	6.º
BEES	ST1	18,39%	2,00%	0,00%	0,86%	3,76%	0,00%	2,47%	10,58%	12,15%	50,21%	5.º
	ST2	29,00%	2,00%	3,00%	6,00%	4,00%	5,00%	5,00%	23,00%	23,00%	100,00%	1.º
	ST3	26,60%	2,00%	0,75%	4,57%	3,95%	5,00%	3,69%	21,23%	16,41%	84,18%	2.º
	ST4	26,14%	0,00%	0,21%	4,71%	3,96%	5,00%	3,54%	17,20%	16,21%	76,98%	3.º
	ST5	16,46%	2,00%	2,62%	5,51%	3,99%	-	-	19,65%	16,35%	66,59%	4.º
	ST6	0,00%	2,00%	0,45%	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,44%	6.º

Tabela 26 – Resultados da ponderação aplicada ao grupo das madeiras

Método de Ponderação	Solução Proposta	Parâmetros									Resultados	
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADpe	ADpf	PE r.	PE n.r	Total %	Classificação

Pesos iguais	ST7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	24,00%	0,00%	24,00%	3.º
	ST8	7,65%	8,00%	9,00%	9,00%	8,00%	-	-	0,00%	24,00%	65,65%	2.º
	ST9	9,00%	8,00%	9,00%	9,00%	8,00%	4,50%	4,50%	24,00%	24,00%	100,00%	1.º
EPA	ST7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	29,00%	0,00%	29,00%	3.º
	ST8	13,60%	5,00%	5,00%	5,00%	6,00%	-	-	0,00%	29,00%	63,60%	2.º
	ST9	16,00%	5,00%	5,00%	5,00%	6,00%	2,50%	2,50%	5,00%	29,00%	76,00%	1.º
BEES	ST7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	-	19,11%	0,00%	19,11%	3.º
	ST8	24,64%	1,15%	1,82%	3,71%	2,43%	-	-	0,00%	10,31%	44,07%	2.º
	ST9	29,00%	2,00%	3,00%	6,00%	4,00%	5,00%	5,00%	23,00%	23,00%	100,00%	1.º

Tabela 27 – Resultados da ponderação aplicada aos ETICS para o grupo de blocos, tijolo e betão

Método de Ponderação	Solução Proposta	Parâmetros									Resultados	
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADpe	ADpf	PE r.	PE n.r	Total %	Classificação
Pesos iguais	SL1	3,77%	0,00%	7,65%	7,63%	0,00%	-	-	7,16%	24,00%	50,21%	2.º
	SL2	9,00%	8,00%	9,00%	9,00%	8,00%	-	-	24,00%	0,00%	67,00%	1.º
	SL3	0,00%	0,13%	0,00%	0,00%	6,51%	-	-	0,00%	23,18%	29,83%	3.º
EPA	SL1	6,70%	0,00%	4,25%	4,24%	0,00%	-	-	8,66%	29,00%	52,84%	2.º
	SL2	16,00%	5,00%	5,00%	5,00%	6,00%	-	-	29,00%	0,00%	66,00%	1.º
	SL3	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	4,88%	-	-	0,00%	28,01%	32,98%	3.º
BEES	SL1	12,14%	0,00%	2,55%	5,09%	0,00%	-	-	6,86%	23,00%	49,64%	2.º
	SL2	29,00%	2,00%	3,00%	6,00%	4,00%	-	-	23,00%	0,00%	67,00%	1.º
	SL3	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	3,26%	-	-	0,00%	22,22%	25,51%	3.º

Tabela 28 – Resultados da ponderação aplicada aos ETICS para o grupo de madeiras

Método de Ponderação	Solução Proposta	Parâmetros									Resultados	
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADpe	ADpf	PE r.	PE n.r	Total %	Classificação
Pesos iguais	SL4	2,20%	0,00%	6,68%	0,00%	0,00%	-	-	2,10%	24,00%	34,98%	2.º
	SL5	9,00%	8,00%	9,00%	9,00%	8,00%	-	-	24,00%	0,00%	67,00%	1.º
	SL6	0,00%	1,31%	0,00%	2,18%	7,38%	-	-	0,00%	23,60%	34,47%	3.º
EPA	SL4	3,91%	0,00%	3,71%	0,00%	0,00%	-	-	2,54%	29,00%	39,16%	2.º

BEES	SL5	16,00%	5,00%	5,00%	5,00%	6,00%	-	-	29,00%	0,00%	66,00%	1.º
	SL6	0,00%	0,82%	0,00%	1,21%	5,54%	-	-	0,00%	28,52%	36,09%	3.º
	SL4	7,09%	0,00%	2,23%	0,00%	0,00%	-	-	2,01%	23,00%	34,33%	2.º
BEES	SL5	29,00%	2,00%	3,00%	6,00%	4,00%	-	-	23,00%	0,00%	67,00%	1.º
	SL6	0,00%	0,33%	0,00%	1,45%	3,69%	-	-	0,00%	22,62%	28,09%	3.º

5.3.4. SOLUÇÃO IDEAL PARA CONSTRUÇÃO DA PAREDE EXTERIOR

Como podemos verificar nas tabelas, os elementos construtivos que apresentam melhor desempenho referente ao grupo do tosco constituído por blocos, tijolo e betão é a solução ST2 que corresponde aos blocos vazados de betão, isto é contem a maior percentagem nos três métodos de ponderação, portanto podemos constatar que corresponde a melhor solução construtiva.

Relativamente ao grupo do tosco das madeiras, verificamos que os métodos de ponderação atribuem uma maior percentagem a solução ST9, desta forma constata-se que a melhor solução construtiva corresponde aos painéis KLH.

Referente aos acabamentos exteriores das paredes com ETICS, os três métodos são consensuais, atribuindo uma maior percentagem a solução SL2 correspondente ao ETICS StoTherm Wood 2 com isolamento em fibra de madeira, com aplicação ao grupo do tosco constituído por blocos, tijolo, e betão, enquanto a solução com isolamento em fibra de madeira SL5 correspondente ETICS StoTherm Wood A apresenta ser melhor solução para aplicar as construções de tosco em madeira.

Logo, podemos afirmar que as duas soluções para a construção de paredes exteriores serão constituídas por blocos vazados em betão com acabamento em ETICS do tipo StoTherm Wood 2 o qual contem isolamento em fibra de madeira; referentes as construções em madeira os painéis ideais a serem aplicados serão os KLH com revestimento exterior em ETICS do tipo StoTherm Wood A no qual o isolamento é executado em fibra de madeira; estas soluções apresentadas contribuiriam de uma forma significativa para uma melhoria do desempenho ambiental com consequência da sustentabilidade das construções.



Figura 44 – Parede exterior com blocos vazados de betão com ETICS StoTherm Wood 2



Figura 45 – Parede exterior com painéis KLH com ETICS StoTherm Wood

6

CONCLUSÃO

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo da realização da presente dissertação foram abordados vários aspetos específicos ao tema em estudo o qual dá conhecimento da realidade existente da sustentabilidade na indústria da construção civil ao longo do ciclo de vida das construções.

Apesar das questões relacionadas com a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável estarem na moda nos dias de hoje, no nosso entendimento ainda se encontram na fase de embrião, por outras palavras, na fase de tentativa e erro, para que se consiga encontrar a fórmula exata e correta de se proceder ao longo do ciclo de vida das edificações e dos produtos a serem aplicados.

Atualmente, mas cada vez menos, deixa-se de dar exclusivamente tanta importância aos aspetos da dimensão económica relacionados com a qualidade, tempo e custos designado por construção tradicional, evoluindo esta para a construção Eco-eficiente onde atualmente se tenta impor no sector da indústria da construção civil a construção sustentável, de forma a satisfazer todas ou parcialmente as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade e os recursos naturais. Não descartando outras dimensões, para que seja possível esta intervenção, tem de se interligar com todas as fases do ciclo de vida, agindo desta forma dá-mos um grande passo para atingir a sustentabilidade.

No sector da construção civil é necessário fazer uma interligação entre as análises dos produtos “Micro” que esta relacionada desde a fase de extração das matérias-primas até ao fim de vida dos mesmos com todas as fases do projeto desde a conceção até a demolição fornecendo desta forma uma análise abrangente “Macro”.

Na atualidade, existe uma variadíssima gama de instrumentos de apoio para realizar avaliações das construções e dos produtos, sendo estas fundamentais para atingir o objetivo nas variadíssimas categorias da sustentabilidade. Os sistemas de avaliação e certificação são baseados nas regulamentações e legislações locais e o peso atribuído a cada parâmetro em função da realidade sociocultural, ambiental e económica de cada localidade o que origina uma avaliação “Macro”, que só pode ter reflexo à escala local ou regional. Os principais sistemas de avaliação e certificação estão detalhadas criteriosamente na presente dissertação.

As ferramentas /software de avaliação do ciclo de vida tem como objetivo principal avaliar a produção dos materiais desde a fase de extração das matérias-primas até a fase de fim de vida ou reciclagem, sendo instrumentos direcionados para avaliar aspetos ambientais e socioeconómicos o que contribui para a resolução de alguns problemas dos dias de hoje, podendo ser eliminados logo nas fases de projeto e anti projeto.

É importante salientar que a aplicação destes sistemas e ferramentas na indústria da construção civil não consiste apenas atingir o seu objetivo principal que é a sustentabilidade das construções, mas tentar valorizar as edificações.

6.2. CONSIDERAÇÕES REFERENTE AO TRABALHO PRÁTICO

Em relação ao caso prático foi realizado com a metodologia ACV, o que se constatou ser uma ferramenta que tem uma enorme potencialidade para as empresas, visto ser um meio eficaz para elaborar avaliações da sustentabilidade na indústria da construção civil.

No entanto existem imensas dificuldades de ser aplicada, devido às construções englobarem um elevado número de processos e de impactes ambientais distintos, o que origina um processo bastante longo e dispendiosa.

Outra dificuldade encontrada na realização do caso prático é referente à reduzida existência de dados, o que origina uma carência na aplicação da metodologia. Apesar de existir uma forte aposta por parte das empresas mundiais do sector em realizar declarações ambientais de produtos (EPD), maioritariamente as que existem disponíveis encontram-se incompletas, analisando apenas a fase Cradle-to-gate (“do berço à porta”). As EPD são fundamentais para avaliar o desempenho ambiental em relação as diversas categorias dos impactos ambientais; no entanto como já referido, existem ferramentas /software bastantes poderosas para proceder a avaliação, mas a obtenção da licença de utilização é bastante dispendiosa, o que tornou uma dificuldade acrescida na realização do caso prático.

Apesar das dificuldades apresentadas, com a realização deste caso prático, consegue-se ter uma ideia das melhores soluções construtivas para a realização de uma parede exterior e constatar a sua importância, bem como a utilidade de aplicar esta metodologia no auxílio da tomada de decisões referente a seleção dos materiais nas edificações.

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Atualmente há um longo caminho ainda a percorrer para contribuir para a melhoria da sustentabilidade na indústria da construção civil.

Com a realização desta dissertação fica a ideia que para ser possível atingir a sustentabilidade é necessário:

- Aprofundar e elaborar declarações ambientais de produtos que abrange todas as faces do ciclo de vida dos materiais, contabilizando os desperdícios inerentes a execução, reabilitação e manutenção dos mesmos.
- Contabilizar os restantes pilares da sustentabilidade em falta, económica e social de forma que seja possível passar de uma análise Micro para Macro.
- Incentivar a implementação da certificação ambiental dos produtos para que seja possível a certificação das edificações eficazmente.
- Criar e uniformizar a regulamentação da construção, obrigando e incentivando à implementação de medidas benéficas.
- Definir estratégias de intervenção em todas as fases de produção Macro e Micro da indústria da construção civil.
- Formar, informar e incentivar as populações dos benefícios da sustentabilidade.
- Criar um organismo que faça a interligação entre as empresas produtoras dos materiais e os projetistas/empregados de forma a obter acessibilidade as documentações.

- O governo deverá fazer um maior esforço para incentivar a sustentabilidade, através de benefícios fiscais ou outros.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Oliveira, H. Sousa, and J. Lopes, "Sistema Para Promoção Da Sustentabilidade Técnica De Edifícios Na Fase De Projecto," presented at the 2º Forum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção, Porto, 27 e 28 de Outubro 2011, 2011.
- [2] M. D. Pinheiro, *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.
- [3] C. d. P. d. D. S. e. d. A. N. (CPDS), "Sustainable Construction in Developing Countries," Rio de Janeiro, Brasil, 1992.
- [4] i. Portugal. (Março de 2014). *International Initiative for a Sustainable Built Environment*. Available: <http://www.iisbeportugal.org/portugues/portugues.html>
- [5] R. F. M. d. S. Mateus, "Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção. Faculdade de Engenharia da Universidade do Minho," Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2004.
- [6] L. M. BRAGANÇA, Ricardo;, "Sustentabilidade de Soluções Construtivas," 2005.
- [7] M. S. Lourenço, "Questões Técnicas na Elaboração de Indicadores de Sustentabilidade."
- [8] V. M. John, *Guia de Sustentabilidade na Construção*. MINASCON 2008: Câmara da indústria da construção FIEMG, 2008.
- [9] LiderA. (Junho de 2014). *Sistema de Avaliação da Sustentabilidade*. Available: <http://www.lidera.info/>
- [10] C. Lowe and A. Ponce, *UNEP-FI / SBCI'S FINANCIAL & SUSTAINABILITY METRICS REPORT - An international review of sustainable building performance indicators & benchmarks*, 2010.
- [11] U.S. Green Building Council (USGBC). (Maio de 2014). *LEED: Leadership in Energy & Environmental Design*. Available: www.usgbc.org/leed
- [12] I. Engenharia. (Junho de 2014). *Certificações*. Available: <http://www.inovatech.eng.br/certificacoes/>
- [13] B. B. R. E. E. A. Methodology, *The world's foremost environmental assessment method and rating system for buildings*, 2013.
- [14] E. Veritas. (Junho de 2014). *Building Sustainability Consultants*. Available: <http://www.ecoveritas.gr/ebreeamnewbuildings/categories.html>
- [15] H. H. E. Quality. (Maio de 2014). *Certification*. Available: <http://www.behqe.com/certification-hqe/offers>
- [16] I. d. E. C. (ICE), "CEEQUAL Introduction & What's new in Version 5," 2012.
- [17] I. d. E. C. (ICE), "CEEQUAL Assessment Process Handbook for Projects (Version 5)," 2012.
- [18] I. d. E. C. (ICE). (Abril de 2014). *CEEQUAL: Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme*. Available: <http://www.ceequal.com/>
- [19] I. d. E. C. (ICE), "CEEQUAL - Scheme Manual for Projects - Version 3.1," 2007.
- [20] NABERS. (Maio de 2014). *National Australian Built Environment Rating System*

- Available: <http://www.nabers.com.au/>
- [21] N.-N. A. B. E. R. System, *About the NABERS program FACT SHEET 1*, 2011.
 - [22] iiSBE. (Junho de 2014). *International Initiative for a Sustainable Built Environment*. Available: <http://www.iisbe.org/taxonomy/term/71>
 - [23] i. I. I. f. a. S. B. Environment, "User Guide to the SBTool assessment framework," 2012.
 - [24] i. I. I. f. a. S. B. Environment, *SBTool PT Questões* 2013.
 - [25] i. I. I. f. a. S. B. Environment, "Review of GBTool and Analysis of GBC 2002 Case-Study Projects," 2002.
 - [26] G. G. B. Challenge, "GBTool User Manual," 2002.
 - [27] J. G. C. (JaGBC) and J. S. B. C. (JSBC), *CASBEE - Efficiency Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*, 2011.
 - [28] J. G. C. (JaGBC) and J. S. B. C. (JSBC). (Abril de 2014). *CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*. Available: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
 - [29] J. G. C. (JaGBC) and J. S. B. C. (JSBC), *CASBEE - Manual for New Construction* 2004.
 - [30] E. C. f. Standardization. (Maio de 2014). *CEN*. Available: <http://www.cen.eu/Pages/default.aspx>
 - [31] C.-E. C. f. Standardization, *Report plenary meeting of CEN TC350- Sustainability of Construction works, held at the AFNOR office in Paris*, 2013.
 - [32] ISO. (Maio de 2014). *International Organization for Standardization*. Available: <http://www.iso.org/iso/home.html>
 - [33] International Organization for Standardization, *ISO TC 59 SC 17*, 2009.
 - [34] R. F. M. d. S. Mateus, "Avaliação da sustentabilidade da construção - Proposta para o desenvolvimentos de edificios mais sustentáveis," Tese de Doutoramento, Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 2009.
 - [35] P. E. C. (PRÉ), *Introduction to LCA with SimaPro*, 2008.
 - [36] P. E. C. (PRÉ), *SimaPro - Putting the metrics behind sustainability*, 2014.
 - [37] B.-B. f. E. a. E. Sustainability, *User Guide*, 2014.
 - [38] A. S. M. Institute, *Life cycle assessment (LCA) is a scientific method for measuring the environmental footprint of materials, products and services over their entire lifetime.* , 2013.
 - [39] Ecoquantum. (Abril de 2014). *Life Cycle Assessment (LCA)*. Available: <http://ecoquantum.com.au/index.html>
 - [40] F. H. A. (FHWA), *INVEST User Guide* 2012.
 - [41] LISA. (Abril de 2014). *LCA In Sustainable Architecture*. Available: <http://www.lisa.au.com/index.html>
 - [42] EcoEffect. (Março de 2014). Available: <http://www.ecoeffect.se/>
 - [43] G. Software. (Março de 2014). *Life Cycle Assessment (LCA) and Process Chain Analysis*. Available: <http://www.gabi-software.com/solutions/building-lca/>

- [44] I. B. u. U. e. V. (IBU), Autoclaved Aerated Concrete - AKG GAZBETON İŞLETMELERİ SAN. TİC. Ve A.Ş, 2013.
- [45] I. B. u. U. e. V. (IBU), Schwere Hohlblöcke aus Leichtbeton - E. Knobel GmbH & Co. KG, 2013.
- [46] I. B. u. U. e. V. (IBU), Schwere Vollblöcke aus Leichtbeton - LIAPLAN GmbH, 2013.
- [47] I. B. u. U. e. V. (IBU), Leichtbetonmauersteine GISOTON Wandsysteme - Baustoffwerke Gebhart & Söhne GmbH & Co. KG, 2013.
- [48] I. B. u. U. e. V. (IBU), Umwelt-Produktdeklaration ; UNIPOR-Ziegel Marketing GmbH, 2011.
- [49] E. p. declaration, Vegg, tykkelse 200 mm 2014.
- [50] E. P. Declaration, EGGER DHF / DFF Wood Fibre Boards, 2013.
- [51] E. P. Declaration, Kronoply OSB/Kronopol OSB - Kronoply GmbH Kronopol Sp. z o.o. Kronofrance SAS, 2012.
- [52] I. B. u. U. (IBU), KLH Solid Timber Panels (Cross-Laminated Timber) , KLH Massivholz GmbH, 2012.
- [53] I. B. u. U. e.V., StoTherm Classic geklebt und gedübelt, 2012.
- [54] I. B. u. U. e.V., "StoTherm Wood auf massiven mineralischen Untergründen," 2012.
- [55] I. B. u. U. e. V., "StoTherm Mineral geklebt und gedübelt," 2012.
- [56] I. B. u. U. e.V., "StoTherm Classic Anwendungsbereich Holzbau," 2012.
- [57] I. B. u. U. e.V., "StoTherm Wood in Holzbauart," 2012.
- [58] I. B. u. U. e.V., "StoTherm Mineral L Anwendungsbereich Holzbau," 2012.